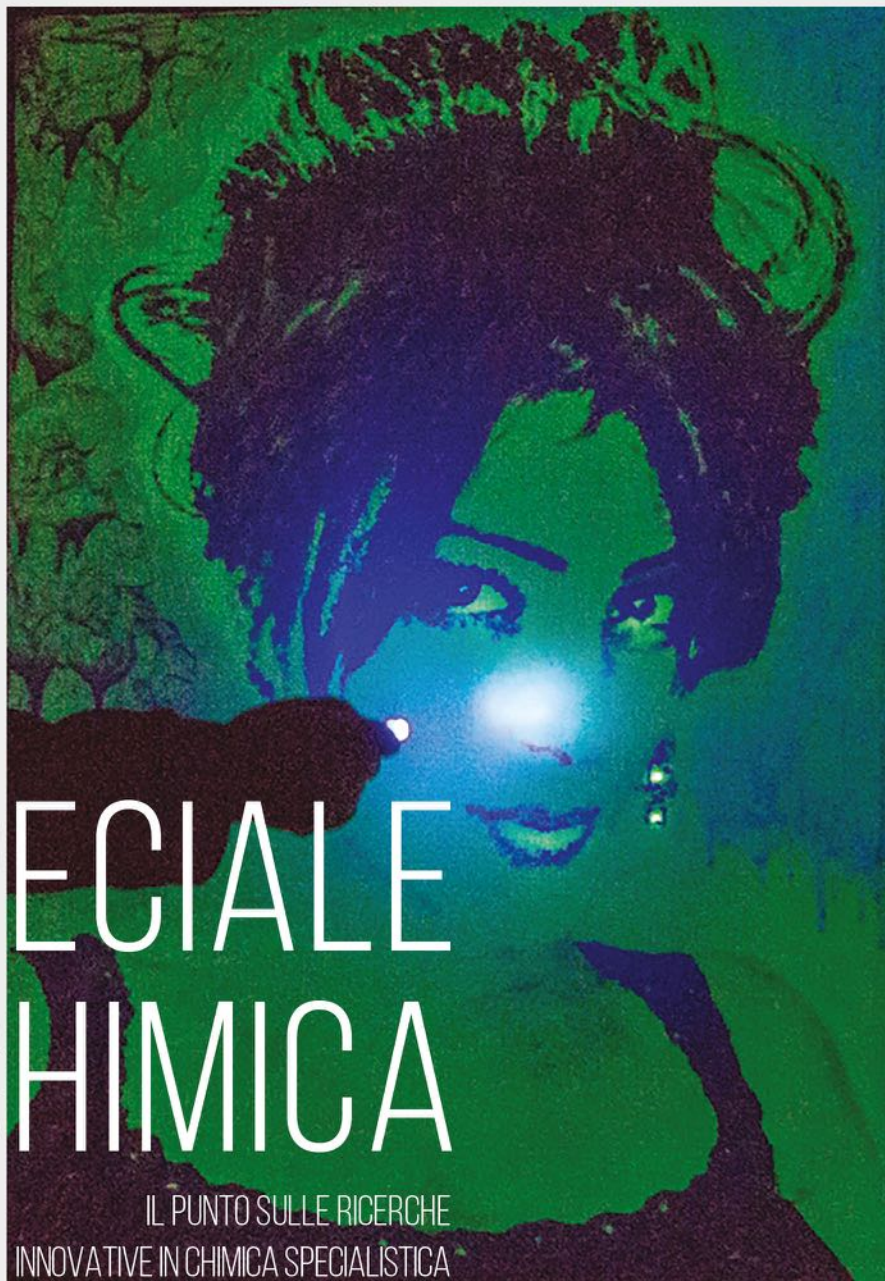


ANNO XCVIII N°2 - MARZO/APRILE 2016

# La Chimica e l'Industria

 **Organo Ufficiale della Società Chimica Italiana**



## SPECIALE EXPOCHIMICA

IL PUNTO SULLE RICERCHE  
INNOVATIVE IN CHIMICA SPECIALISTICA

Poste Italiane S.p.A. Spedizione in abbonamento postale D.L. 353/03 (con. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 commi 1 Roma Aut. C/RM/13/2014 - ISSN 0009-4315



EDITO DA  
CONSIGLIO NAZIONALE DEI CHIMICI

Quadro di Raimondo Galeano, pittore "illuminato"

# chemical resistant solution



I nostri prodotti  
sono installati in

**128.000**  
Aziende industriali

**37.000**  
Centri di ricerca,  
Laboratori,  
Ospedali

**640**  
Università

in oltre **50**  
Paesi nel mondo.



Plastifer Srl

Via Industriale, 3

26010 Monte Cremasco - (Cremona) Italia

Tel. +39 0373.791551 - Fax +39 0373.792494

[www.plastifer.it](http://www.plastifer.it) - [info@plastifer.it](mailto:info@plastifer.it)

**POLYFAN**  
Ventilatori  
anticorrosione  
per laboratori

**POLYSINK**  
Piani e vasche  
per laboratori

**FILTERBOX**  
Filtri a carboni attivi  
per laboratori

**TERFU**  
Aspirazione localizzata  
per laboratori





# PETROLIO: ANCHE SE NE ABBIAMO A SUFFICIENZA, OCCORRE CONSERVARLO



**Q**uando il petrolio scese a 50 dollari al barile, invece che salire a 140 com'era stato previsto alcuni anni prima, avevamo scritto una nota in cui si affermava che non era un evento positivo, perché avrebbe danneggiato le ricerche sulla produzione dei biocarburanti e la produzione di materie prime per la chimica da biomasse e da gas naturale.

Ora che il petrolio è sceso a 30 dollari, mi permetto di scrivere che tale calo è stato un evento positivo e istruttivo, nonostante l'eni abbia perso, nel 2015, 8,82 miliardi di euro, che il 60% delle aziende che cercavano petrolio nel Mediterraneo abbiano rinunciato (probabilmente solo la Croazia continuerà ad estrarre) e che le aziende che estraevano petrolio per fracking negli Stati Uniti siano in crisi.

È stato un evento istruttivo perché così tutti coloro che operano nella produzione alternativa di carburanti e della chimica industriale si sono resi conto che non siamo assolutamente alla fine del petrolio, infatti la scoperta di nuovi giacimenti e l'aumento dell'efficienza nell'estrazione ne hanno aumentato enormemente le disponibilità.

Le Nazioni dove è concentrata la maggiore produzione attuale di petrolio sono Arabia Saudita, Russia, Stati Uniti, Iran, Cina, Canada, Emirati Arabi Uniti e Messico. Tuttavia il Venezuela è il Paese che detiene le più ingenti riserve di petrolio (pari al 18% delle riserve mondiali), seguito da Arabia Saudita, Canada, Iran, Iraq, Kuwait, Emirati Arabi Uniti, Russia, Libia e Nigeria.

La parte più rilevante delle riserve di gas si trova invece in Russia, che detiene il 24% delle riserve mondiali, seguita da Iran e Qatar che, insieme, ne possiedono il 29%.

Non è la minore offerta del petrolio che deve spingere verso la ricerca di fonti alternative, ma altri fattori. Il fatto, che ci sia stata questa presa di coscienza, ossia che siano disponibili ancora enormi riserve di petrolio, fa capire, soprattutto a ricercatori e industriali, che se si vuole competere sul mercato o fare una ricerca che abbia delle ricadute industriali future si devono comunque trovare carburanti alternativi a basso costo e con proprietà migliori rispetto agli attuali ottenuti dal petrolio. In particolare i nuovi carburanti e le nuove tecnologie di produzione ed utilizzo devono avere un minore impatto ambientale, in modo da ridurre il forte inquinamento delle città dei Paesi popolosi in via di sviluppo e, in Europa, gli sforamenti dei limiti delle emissioni dovute al crescente traffico veicolare.

Anche le materie prime per la chimica devono essere prodotte a un costo inferiore rispetto a quelle derivate dal petrolio e per questo devono essere ottenute da gas naturale o biomasse; queste ultime, però, devono essere prodotte da scarti agroalimentari, o residui delle foreste, od opportune coltivazioni cresciute su terreni marginali, ossia non adatti all'alimentazione umana ed animale, o alghe. Inoltre occorre migliorare i prodotti ottenuti dai derivati del petrolio, per esempio riducendo il loro impatto ambientale,

come avviene con i prodotti biodegradabili (lubrificanti per i motori per l'agricoltura ed i sacchetti di plastica per le spesse), o sintetizzandoli con processi più semplici, come si verifica nella produzione di 1,4-butandiolo in uno solo stadio con enzimi geneticamente modificati.

Ma ci si può chiedere perché dobbiamo trovare delle alternative al petrolio? Questo è un dovere etico, dobbiamo consumarne di meno per lasciarne a sufficienza per le generazioni future, come aveva detto anche nostro padre Mendeleev: il petrolio non deve essere bruciato! Il petrolio, se non sarà utilizzato per produrre carburanti, potrà essere impiegato per un tempo maggiore per produrre materie prime per la chimica, realizzando delle raffinerie chimiche per fornire, oltre a olefine e paraffine leggere, aromatici ad un anello, intermedi per farmaci, catrame per le strade, cere per le candele, nerofumo per i pneumatici ed olefine a 12 atomi di carbonio per tensioattivi per detersivi.

È bene ricordare che l'utilizzo del petrolio non risale al 1859, quando è stato realizzato il primo pozzo di estrazione, ma che è stato presente nella storia dell'umanità fin dall'antichità - le fiamme di petrolio che erano presenti nei deserti al tempo di Zaratustra erano considerate immagini di Dio e nella Bibbia è riportato l'uso del bitume, ottenuto dal petrolio, nella costruzione di edifici e imbarcazioni.

Dobbiamo quindi conservare il petrolio per molti secoli a venire e il suo utilizzo più corretto è quello esclusivo per la chimica.

# PLUG&PURIFY

I filtri mobili a carbone attivo CECASORB™ sono il sistema a noleggio economico ed efficiente per la purificazione di liquidi e gas.

## TECNOLOGIA. FACILE, VELOCE, SICURA.



IL GRUPPO ARKEMA IN CIFRE:

19.000 DIPENDENTI / 137 SITI PRODUTTIVI  
10 CENTRI DI RICERCA / 50 PAESI

**CECA ITALIANA S.r.l.**

Via Pregnana 63  
20017 Rho (MI) - Italia -  
Tel.: + 39 02 93513 811  
Email: sales-ceca.italy@ceca.it  
www.cecachemicals.com

**CECA**  
ARKEMA GROUP





# SOMMARIO



## 1. EDITORIALE

**PETROLIO: ANCHE SE NE ABBIAMO A SUFFICIENZA OCCORRE CONSERVARLO**

Ferruccio Trifirò

## 4. ATTUALITÀ

**LA TRANSIZIONE ENERGETICA: IL VENTO È CAMBIATO**

Vincenzo Balzani

## 10. SPECIALE EXPOCHIMICA

**CONVEGNO EXPOCHIMICA**

Paolo Zanirato

## 16. PROGETTAZIONE MOLECOLARE E DISPOSITIVI PER PRODUZIONE SOLARE DI ELETTRICITÀ E COMBUSTIBILI

Alessandro Abbotto

## 21. L'EVOLUZIONE DELLE CONTRACT RESEARCH ORGANIZATION (CRO) NELL'INDUSTRIA FARMACEUTICA

Daniele Andreotti

## 25. INNOVAZIONE E SISTEMI PER LA GESTIONE DELL'IMPATTO OLFATTIVO

Ivano Battaglia

## 26. QUALI SCELTE PER IL FUTURO ENERGETICO? IL DILEMMA DEL TRASPORTO

Sergio Carrà

## 32. THE NEW SCENARIO FOR SUSTAINABLE CHEMICAL AND ENERGY PRODUCTION: OPPORTUNITIES FOR RESEARCH AND INNOVATION

Salvatore Abate - Paola Lanzafame  
Siglinda Perathoner - Gabriele Centi

## 38. UN APPROCCIO GREEN ALLA PRODUZIONE DI GRAFENE

Simone Dell'Elce - Simone Ligi

## 42. TICASS: RICERCA, INNOVAZIONE E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Gustavo Capannelli - Renzo Di Felice  
Sara Cepolina - Claudia Cattaneo

## 46. GASSIFICAZIONE DI LEGNA VERGINE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E CALORE

Massimiliano Livi - Iacopo Magrini

## 54. FEEDSTOCK RECYCLING DI RIFIUTI COSTITUITI DA PLASTICHE MISTE MEDIANTE PIROLISI

Riccardo Tuffi - Lorenzo Cafiero  
Simona Colantonio - Chiara Santella

## 60. DALLA LETTERATURA

a cura di Silvia Cauteruccio e Monica Civera

## 61. TECNOLOGIE INNOVATIVE

a cura di Pierfausto Seneci

## 64. LA CHIMICA ALLO SPECCHIO IL PUNTO SUL PETROLIO

Claudio Della Volpe

EDITO DA

CONSIGLIO NAZIONALE DEI CHIMICI

DIRETTORE RESPONSABILE

ARMANDO ZINGALES

VICE - DIRETTORE

FERRUCCIO TRIFIRÒ

anna.simonini@soc.chim.it

COMITATO DI REDAZIONE

Ferruccio Trifirò (vice-direttore)

Anna Simonini (segreteria di redazione)

Alessandro Abbotto - Nicola Cardellicchio

Martino di Serio - Daniele Donati - Matteo Guidotti

Oreste Piccolo - Giuseppe Sant'Unione

Marco Taddia - Paolo Zanirato - Fiorenza Viani

COMITATO SCIENTIFICO

Alberto Albinati - Angela Agostiano

Luigi Ambrosio - Roberto Ballini

Vincenzo Barone - Luigi Campanella

Girolamo Cirrincione - Silvia Colombo

Salvatore Coluccia - Carlo Giavarini

Gianluca Giorgi - Roberto Gobetto

Benedetta Mennucci - Marco Musiani

Giuseppe Palleschi - Fabrizio Passarini

Michele Pavone - Roberto Purrello

Raffaele Riccio - Silvana Saiello - Giorgio Strukul

Ferruccio Trifirò (vice-direttore)

Armando Zingales (Direttore)

COMITATO D'ONORE

Sergio Carrà

Alberto Girelli

Italo Pasquon

REDAZIONE SCIENTIFICA

Anna Simonini

Piazzale R. Morandi, 2 - 20121 Milano

tel. +39 345 0478088

anna.simonini@soc.chim.it

PROGETTO GRAFICO

Segni e Suoni srl

IMPAGINAZIONE

Sara Moscardini

STAMPA

Grafica Ripoli snc

CONCESSIONARIA DI PUBBLICITÀ

AGICOM srl

La Chimica e l'Industria è online:

[www.soc.chim.it](http://www.soc.chim.it)

(solo per gli associati e abbonati)

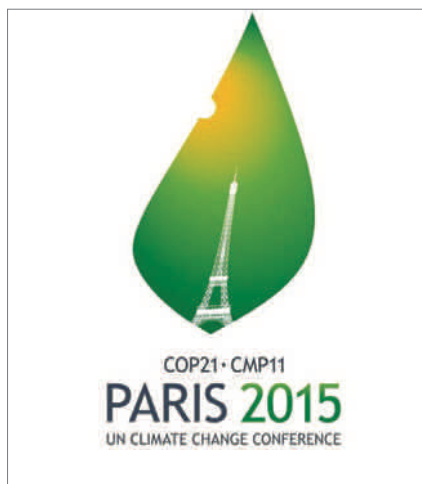
La quota di iscrizione dei singoli iscritti è comprensiva del costo e delle spese di spedizione della rivista in misura pari al 5%.

Una copia: € 8,00. Abbonamento annuo (6 numeri):

Italia € 40,00. Estero: € 80,00

# LA TRANSIZIONE ENERGETICA: IL VENTO È CAMBIATO

Con l'accordo di Parigi alla Cop21 e per merito dell'enciclica *Laudato si'* di Papa Francesco, è in atto un'azione convergente di scienza, etica, economia e politica in favore della transizione energetica dai combustibili fossili alle energie rinnovabili.



L'accordo di Parigi alla Cop21 [1] è stato accolto con aspre critiche o con manifestazioni di entusiasmo. Io penso che, al di là della poca concretezza degli impegni presi, si debba essere soddisfatti. L'esito della Cop21 e l'enciclica *Laudato si'* di Papa Francesco [2] stanno creando un nuovo "clima" culturale. L'Antropocene [3], l'era dell'uomo, è a una svolta fondamentale: dopo aver segnato l'ingresso nella storia dei combustibili fossili, sta accettando la progressiva, inevitabile rinuncia a questa fonte energetica.

Per accelerare e portare a compimento la transizione energetica dai combustibili fossili alle energie rinnovabili, è necessaria un'azione convergente dei quattro fattori principali della civiltà umana: la scienza, l'etica, l'economia e la politica. È ormai chiaro che questa azione convergente si sta sviluppando.

## La scienza

La conferenza di Parigi ha ribadito con forza il concetto, sostenuto dalla grande maggioranza degli scienziati, che l'aumento della temperatura del pianeta e i conseguenti cambiamenti climatici sono causati, principalmente, dall'anidride carbonica generata dall'uso dei combustibili fossili. È bene anche ricordare che la combustione di carbone, petrolio e gas produce, oltre all'anidride carbonica, anche sostanze molto pericolose per la salute: idrocarburi, ossidi di azoto e di zolfo, ozono e il pericolosissimo particolato fine. Secondo l'Agenzia Europea dell'Ambiente [4], l'inquinamento da combustibili fossili nel 2012 ha causato 491.000 morti premature in Europa, 84.400 delle quali in Italia. Le principali energie rinnovabili - eolico, fotovoltaico e idroelettrico - non generano sostanze inquinanti.

Alla fine di un negoziato ben preparato e ben condotto dalla rappresentante dell'ONU Christiana Figueres, a Parigi si è giunti ad un accordo [1], firmato da 189 nazioni, basato sui seguenti punti:

- i) il cambiamento climatico rappresenta un pericolo urgente e potenzialmente irreversibile che riguarda tutta l'umanità;
- ii) è assolutamente necessario mantenere l'aumento della temperatura media globale entro 2 °C rispetto al livello pre-industriale e per questo bisogna ridurre fortemente fin da ora le emissioni su scala globale;
- iii) le nazioni sviluppate mettono a disposizione tecnologie e risorse finanziarie per permettere ai Paesi in via di sviluppo di limitare le emissioni;
- iv) i Paesi aderenti all'accordo si impegnano a raggiungere gli obiettivi volontariamente dichiarati, sottoponendoli a valutazione ogni 5 anni.







In gennaio, dopo la conferenza di Parigi, la NASA ha reso noto che il 2015 è stato l'anno più caldo da quando vengono raccolti i dati (1880) e che 15 dei 16 anni più caldi si sono avuti dopo il 2001 [5]. Ha confermato inoltre che la causa dell'aumento di temperatura va attribuita essenzialmente all'incremento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera e non ad altri fattori; infine ha ammonito che il cambiamento climatico non è un problema del futuro, ma del presente.

In Italia, la conferenza ha fornito l'occasione per mettere in luce la partecipazione di scienziati (si veda ad esempio [6]) e di moltissimi cittadini alla battaglia per la transizione energetica, ma anche lo scarso impegno di alcune società scientifiche (ad esempio, la Società Italiana di Fisica, SIF [7]).

### L'etica

La Conferenza di Parigi ha dato maggiore visibilità al forte richiamo etico contenuto nell'enciclica *Laudato si* di Papa Francesco [2] che, con linguaggio semplice e chiaro, presenta un quadro realistico della situazione di degrado in cui si trova il pianeta: "Le previsioni catastrofiche ormai non si possono più guardare con disprezzo e ironia... Il ritmo di consumo, di spreco e di alterazione dell'ambiente ha superato le possibilità del pianeta, in maniera tale che lo stile di vita attuale, essendo insostenibile, può sfociare solamente in catastrofi... L'ambiente è uno di quei beni che i meccanismi del mercato non sono in grado di difendere... I Paesi che hanno tratto beneficio da un alto livello di industrializzazione, con un'enorme emissione di gas serra, hanno maggiore responsabilità di contribuire alla soluzione dei problemi che hanno causato. Ciò che sta accadendo ci pone di fronte all'urgenza di procedere in una coraggiosa rivoluzione culturale". Poi continua: "Per affrontare i problemi di fondo, che non possono essere risolti da azioni di singoli Paesi, si rende indispensabile un consenso mondiale che porti, ad esempio a sviluppare forme rinnovabili e poco inquinanti di energia".

L'auspicato consenso mondiale si è di fatto manifestato nella conferenza di Parigi, che può quindi essere considerata come un primo atto della rivoluzione culturale di cui parla il Papa, poiché "non ci sono due crisi separate, una ambientale e un'altra sociale, bensì una sola e complessa crisi socio-ambientale che va affrontata in modo integrale: prendendosi cura del pianeta, la nostra casa comune, ma anche

## Inquinamento

Mappa delle polveri sottili

La valle Padana immersa nello smog. 30 ottobre 2014

Lo smog a Pechino

**danni alla salute**

combattendo la povertà e restituendo la dignità agli esclusi". Il deterioramento dell'ambiente e quello della società colpiscono in modo particolare i più deboli del pianeta, miliardi di persone che sono ormai considerate un "danno collaterale" dell'attuale modello di sviluppo. Sulla necessità/possibilità di ridurre iniquità e disuguaglianze, fortemente sottolineate nell'enciclica, non è che manchino le idee [8, 9]; manca il coraggio della politica, frenata dagli interessi del capitalismo, di metterle in atto.

### L'economia

L'accordo raggiunto a Parigi sta causando importanti cambiamenti nel sistema economico mondiale.

Il Fondo Monetario Internazionale (FMI) [10] chiede ai governi di adottare politiche fiscali capaci di collegare i prezzi dell'energia ai costi reali comprendenti i danni causati ad ambiente, clima e salute (5.300 miliardi di dollari all'anno per i combustibili fossili).

Le agenzie di rating (ad es., Standard & Poor's [11]) mettono in guardia contro i rischi finanziari legati ai cambiamenti climatici e sostengono che limitare le emissioni è conveniente anche dal punto di vista dei profitti industriali. Bloomberg Energy Finance [12] certifica che, a dispetto del forte calo nel prezzo del petrolio, l'elettricità da energia solare diventa sempre più competitiva.

Un'analisi UBS prevede che *solar will become the default technology of the future* [13]. Questa previsione è in accordo con quanto evidenziato dalla agenzia finanziaria Bloomberg [14]: le rinnovabili sono tecnologie, un settore in cui i costi scendono sempre, a differenza dalle industrie estrattive nelle quali i costi generalmente salgono. Sulla rivista *Fortune*, nel frattempo, è apparso un articolo in cui ci si chiede: *Can the fossil fuel industry survive a climate change agreement?* [15].

Sei importanti banche americane, Bank of America, Citibank, JPMorgan, Chase, Morgan Stanley e Wells Fargo [16], hanno dichiarato di voler finanziare progetti per lo sviluppo delle energie rinnovabili con l'obiettivo di creare un'economia forte e prospera per le future generazioni.

Non mancano neppure importanti iniziative private per favorire la transizione energetica. Bill Gates [17] ha lanciato due progetti multimiliardari: *Mission Innovation*, una collaborazione fra nazioni per promuovere la ricerca, e *Breaththrough Energy Coalition*, una coalizione di investitori che si propone di aiutare le industrie a sviluppare idee innovative.

Dopo il richiamo di Thomas Piketty e Tim Jackson ad una finanza etica [18], ma anche perché i risultati delle borse indicano che l'indice *carbon free* rende il 60% in più dell'indice globale, investitori istituzionali come il Fondo Sovrano Norvegese e il Rockefeller Brothers



Fund, compagnie di assicurazioni come Allianz e altri importanti istituti del mondo della finanza stanno disinvestendo dai combustibili fossili. Hans Schellnhuber, uno dei climatologi più eminenti, consigliere di Papa Francesco per l'enciclica *Laudato si'*, a Parigi ha paragonato il movimento di disinvestimento dai combustibili fossili a quello del diciannovesimo secolo per l'abolizione della schiavitù [19].

Molto interessanti sono anche altre notizie economiche. Secondo l'ultimo report della International Energy Agency [20], i combustibili fossili nel 2013 hanno ricevuto sussidi, diretti o indiretti, per 550 miliardi di dollari, più di quattro volte quelli elargiti alle energie rinnovabili; includendo i danni a salute, ambiente e clima, il rapporto passa da 1:4 a 1:40.

In Italia Enel, che cinque anni fa voleva guidare il ritorno al nucleare e che negli ultimi dieci anni ha continuato ad usare centrali a carbone e a fare piani per il loro sviluppo, ora punta decisamente sulle energie rinnovabili [21]. Il suo amministratore delegato Starace ha detto in una intervista che c'è *"una grande marea che spinge nella direzione delle energie rinnovabili: è l'evoluzione della tecnologia; sarebbe folle pensare di andare contro corrente"*. Altre grandi compagnie energetiche come E.ON e Vattenfall hanno già scelto di andare nella stessa direzione di Enel e Starace prevede che entro un anno tutte le compagnie elettriche faranno altrettanto. Da Parigi, dunque, è arrivato un segnale forte: scienza, etica ed economia indicano concordemente che i combustibili fossili sono ormai dalla

parte sbagliata del bivio che la storia ci ha messo di fronte. La via giusta è quella del risparmio energetico e delle energie rinnovabili [22].

#### La politica

Anche dalla politica giungono segnali importanti. Anzitutto il raggiungimento nella Cop21 di un accordo firmato da 189 nazioni. Si è trattato di un avvenimento straordinario: il segretario delle Nazioni Unite Ban-Ki-Moon l'ha definito *"l'impresa diplomatica forse più difficile della storia"*. Quasi tutti i Paesi democratici hanno mandato alla conferenza le loro più alte cariche elettive e anche i Paesi non democratici hanno inviato delegazioni di alto livello. Nessun altro consesso avrebbe potuto avere una legittimazione maggiore. Rispetto alla conferenza di Copenhagen, le posizioni di USA e Cina sono radicalmente mutate; è cessata la deleteria contrapposizione fra nazioni sviluppate e nazioni in via di sviluppo e, più in generale, c'è stato un cambio di atteggiamento: tutti i Paesi si sono resi conto che è possibile risolvere il problema solo con l'impegno di tutti.

La conferenza è stata anche un grande esempio di democrazia e di partecipazione dal basso. Un ruolo importante è riconosciuto alle Regioni, ai Comuni, alle forze politiche, alle associazioni, agli investitori, agli imprenditori e ai cittadini. I loro propositi possono essere inclusi nel portale internet dedicato [23], che già contiene più di 10.000 impegni da parte di oltre 2.250 città, 150 regioni, 2.000 imprese, 420 investitori e 230 organizzazioni della società civile.

È presto per dire se, nei vari Paesi, agli impegni presi a Parigi seguiranno i fatti. Alcune notizie fanno ben sperare. Negli USA le agevolazioni fiscali per le energie rinnovabili sono state estese per 5 anni [24] ed è stata annullata la già prevista costruzione dell'oleodotto Keystone XL di 3.500 km, che avrebbe dovuto portare petrolio grezzo dai giacimenti dell'Alberta (Canada) a raffinerie americane [25]. In Alaska, la Shell ha sospeso le esplorazioni di petrolio [26]. In Cina è in atto una rivoluzione verde [27]. Dal 2013 al 2014 la produzione di elettricità termoelettrica è diminuita, mentre quella prodotta con acqua, vento e sole è aumentata del 20%. Per il terzo anno consecutivo l'aumento di produzione di energia elettrica eolica ha superato l'aumento di energia elettrica nucleare che, per la prima volta, è stata superata anche dall'energia elettrica solare. Il presidente indiano Narendra Modi ha varato un piano per aumentare la potenza da energia solare da 4 a 100 GW in 7 anni e, cosa molto importante, ha promosso un'alleanza a livello di governi e di industrie per lo sviluppo dell'energia rinnovabile nelle regioni tropicali [28]. Dopo Parigi, si spera che l'Unione Europea riveda al rialzo gli obiettivi che si era posti per il 2030, anche se l'innalzamento del limite legale per le emissioni di ossido di azoto da parte dei motori diesel approvato in febbraio [29] e lo scandalo Volkswagen sono pessimi segnali.

Qualche buona notizia viene anche dall'Africa. In Ruanda si è costruito, in meno di un anno, un impianto fotovoltaico da 8,5 MW che genera energia per 15.000 case e ha creato 350 posti di lavoro [30]. Nel deserto del Marocco è stato inaugurato un grande impianto solare termico, parte di un progetto che nel 2020 porterà a produrre il 42% dell'elettricità da fonti rinnovabili a vantaggio di milioni di persone [31]. Questi due esempi dimostrano che la possibilità di sfruttare l'energia solare non trova ostacoli tecnici o economici neppure nei Paesi in via di sviluppo, a differenza di quanto accade per gli investimenti nelle estrazioni delle fonti fossili [32] e nel nucleare, che è impantanato persino nei Paesi più avanzati [33]. Anche i maggiori produttori di petrolio cominciano a credere nell'energia pulita e Dubai ha lanciato un piano strategico che ha lo scopo di fornire entro il 2050 il 75% dell'energia da fonti rinnovabili [34].

Per quanto riguarda l'occupazione, una ricerca del UK Energy Research Centre [35] dimostra che investimenti nelle energie rinnovabili creano più posti di lavoro rispetto ad investimenti





nell'industria petrolifera. Negli USA, gli occupati nel settore dell'energia solare sono aumentati nel 2015, per il terzo anno consecutivo, del 20%, superando gli occupati nel settore idrocarburi [36].

Infine, studi scientifici dettagliati [37, 38] dimostrano che è tecnicamente possibile ed anche economicamente vantaggioso sostituire completamente, entro il 2050 in tutti i Paesi del mondo, i combustibili fossili con energia solare, eolica, idroelettrica e geotermica e che tutta l'energia usata può essere ottenuta dall'energia elettrica prodotta con queste fonti rinnovabili.

Il segnale venuto da Parigi per i politici, sia a livello nazionale che locale, è dunque chiaro: abbandonare i combustibili fossili è possibile se si sviluppano le energie rinnovabili. Ci sono però le lobby del carbone, del petrolio e del gas che fanno di tutto per frenare la transizione energetica, affiancate negli USA da una grande forza politica: il Partito Repubblicano [39].

In Italia, il Governo sembra avere gli occhi rivolti al passato anziché al futuro. Ignorando il parere degli scienziati [6], si ostina a favorire l'estrazione delle magre riserve di idrocarburi, nonostante le forti e giustificate proteste di regioni, comuni, comitati locali e associazioni che vedono nell'ambiente, nel paesaggio e nei nostri mari la vera fonte di ricchezza da salvaguardare.

Il referendum "sulle trivellazioni" del 17 aprile assume così un significato molto importante, ben al di là di quello dei suoi singoli quesiti. Si tratta, infatti, di dare un senso al futuro per quanto riguarda clima, ambiente ed energia. Quando, nel giugno 2011, un altro referendum bocciò il ritorno al nucleare, importanti esponenti politici sostennero che l'Italia aveva perso un treno. I fatti, invece, hanno dimostrato che rinunciare al nucleare è stata una scelta saggia e lungimirante. Grazie a questa scelta, non produciamo scorie radioattive, che non sapremmo dove mettere, non rischiamo di trovarci impanzanati nella costruzione di centrali che richiedono tempi e investimenti economici difficilmente definibili [33] e abbiamo anche reso possibile il decollo delle energie rinnovabili. Infatti, una quantità di energia paragonabile a quella di due reattori nucleari, che non sarebbero certo stati pronti prima del 2025, oggi viene prodotta col fotovoltaico già installato.

La storia, ora, si ripete.

Il Governo sostiene che rinunciando allo sfruttamento delle riserve di combustibili fossili, per altro molto marginali, perderemo un altro

treno. Anche in questo caso, però, si tratta di un treno del passato, che è in forte frenata e che è destinato ad arrestarsi in un futuro non troppo lontano. Meglio quindi dedicare tutte le nostre forze per salire sul treno giusto, quello delle fonti rinnovabili. Il Governo dovrebbe rendersi conto che la transizione dai combustibili fossili alle energie rinnovabili è già in atto ed è un processo inarrestabile, come è chiaramente emerso dalla conferenza Cop21 di Parigi. Il nostro Paese può trarre molti benefici accelerando questa transizione perché siamo all'avanguardia nel manifatturiero, un settore particolarmente rilevante per lo sviluppo delle energie rinnovabili. Un vantaggio, questo, che assieme alle abbondanti fonti rinnovabili di cui disponiamo e ad ottime prospettive di mercato in campo internazionale, ci permetterebbe di guardare al futuro con serenità.

### Conclusione

Quanto sopra riportato dimostra che l'era dei combustibili fossili è al tramonto e che ci sono fondati motivi scientifici, etici ed economici per sviluppare l'uso delle fonti di energia rinnovabile. Tutto fa pensare che, con la Cop21 di Parigi [1] e anche per merito dell'enciclica *Laudato si'* di Papa Francesco [2], la crisi energetico-climatica, che è causa di iniquità e disuguaglianze [40], sia giunta ad un punto di svolta. La strada del cambiamento, però, è ancora irta di ostacoli, anche perché alcuni esperti sostengono che

sia necessario ridurre il consumo di combustibili fossili con una velocità doppia rispetto a quella concordata a Parigi [41].

Scesi dal palcoscenico della Cop21, dove sotto i riflettori dell'opinione pubblica mondiale hanno fatto a gara nell'apparire uno più "ecologico" dell'altro, i vari leader, tornati nei loro Paesi, dovranno dimostrare con i fatti di saper onorare gli impegni presi. In molti casi, non sarà un compito facile. Nelle Nazioni più sviluppate, incontreranno forti resistenze da parte delle lobby legate ai combustibili fossili (si veda ad esempio la politica del Partito Repubblicano negli USA, oppure dell'eni in Italia). Nei Paesi emergenti, dovranno dimostrare che riducendo l'uso dei combustibili fossili non verrà compromesso il tanto auspicato e appena iniziato sviluppo. Nei Paesi produttori di petrolio, chi è al potere dovrà destreggiarsi fra tenere i prezzi bassi per vincere la competizione con gli altri Paesi produttori al fine di conservare i clienti più importanti, oppure tenerli alti per non compromettere i megalomani piani di sviluppo formulati quando il prezzo del petrolio era superiore a 100 dollari al barile [42]. Nei Paesi democratici, la politica energetica sarà condizionata anche dalle scadenze elettorali. I politici saranno fedeli agli impegni presi a Parigi, o addirittura potranno superarli, solo se la gente e i mass media dimostreranno in modo molto evidente di esigerlo. È importante, quindi, che ci sia una forte mobilitazione dal basso.





## BIBLIOGRAFIA

- [1] [http://unfccc.int/documentation/documents/advanced\\_search/items/6911.php?preref=600008874](http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/6911.php?preref=600008874)
- [2] Francesco, Laudato si', Lettera enciclica sulla cura della casa comune, Paoline Editoriale Libri, 2015.
- [3] V. Balzani, *Sapere*, agosto, 10-15, 2015.
- [4] <http://www.eea.europa.eu/it>
- [5] <http://blogs.nasa.gov/bolden/2016/01/20/nasa-noaa-analyses-reveal-record-shattering-global-warm-temperatures-in-2015/>
- [6] [www.energiaperitalia.it/](http://www.energiaperitalia.it/)
- [7] <http://www.primapagina.sif.it/article/370/a-proposito-del-clima#.VnUFPSiQk3g>
- [8] T. Piketty, *Disuguaglianze*, Università Bocconi Editore, 2014; T. Piketty, *Il capitale nel XXI secolo*, Bompiani, 2014.
- [9] A.B. Atkinson, *Disuguaglianza. Che cosa si può fare*, Cortina editore, 2015
- [10] <http://www.qualenergia.it/articoli/20150519-nuova-stima-fondo-monetario-internazionale-alle-fossili-aiuti-pubblici-per-5300-miliardi-dollari-anno>
- [11] <http://thefuturescentre.org/resources/report-climate-risk-raising-tides-raise-the-stakes>
- [12] <http://about.bnef.com/>
- [13] <http://www.greentechmedia.com/articles/read/ubs-analysts-solar-will-become-the-default-technology-of-the-future>
- [14] <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-01-30/seven-reasons-cheap-oil-can-t-stop-renewables-now>
- [15] <http://fortune.com/2015/12/12/paris-exxon-fossil-fuels/>
- [16] <http://www.ceres.org/files/bank-statement-on-climate-policy/view>
- [17] <http://www.ibtimes.com/paris-climate-change-summit-bill-gates-launches-multibillion-dollar-clean-energy-2204404>
- [18] <http://www.theguardian.com/environment/2015/nov/14/thomas-piketty-and-tim-jackson-responsible-investors-must-divest-from-fossils-fuels-now>
- [19] <http://www.thenation.com/article/the-fate-of-the-world-changed-in-paris-but-by-how-much/>
- [20] <http://www.economist.com/node/21656497/print>
- [21] <http://www.theguardian.com/environment/2015/oct/22/former-foes-greenpeace-and-energy-giant-enel-stand-together-in-low-carbon-push>
- [22] N. Armaroli, V. Balzani, *Energy for a Sustainable World – From the Oil Age to a Sun-Powered Future*, Wiley-VCH, 2011.
- [23] <http://climateaction.unfccc.int/>
- [24] <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-17/what-just-happened-to-solar-and-wind-is-a-really-big-deal>
- [25] <http://keystone-xl.com/>
- [26] <http://it.ibtimes.com/alaska-la-shell-stoppe-le-esplorazioni-di-gas-e-petrolio-risultati-deludenti-1418319>
- [27] J.A. Mathews, H. Tan, *China's Renewable Energy Revolution*, Palgrave Pivot, London, 2015.
- [28] <http://www.theguardian.com/environment/2015/nov/30/india-set-to-unveil-global-solar-alliance-of-120-countries-at-paris-climate-summit>
- [29] <http://www.ersnet.org/eu-affairs/item/5215-the-european-parliament-backs-an-increase-in-emission-levels-for-diesel-cars-.html>
- [30] <http://www.theguardian.com/environment/2015/nov/23/how-africas-fastest-solar-power-project-is-lighting-up-rwanda>
- [31] <http://www.bbc.com/news/science-environment-34883224>
- [32] <http://espresso.repubblica.it/attualita/2015/12/15/news/corruzione-eni-in-nigeria-londra-sequestra-le-tangenti-1.243532>
- [33] <http://www.worldnuclearreport.org/Bulletin-of-the-Atomic-Scientists-US-The-experts-on-nuclear-power-and-climate.html>
- [34] <http://www.thenational.ae/business/energy/dubai-ruler-wants-solar-panels-on-every-roof-by-2030>
- [35] <http://www.ukerc.ac.uk/publications/low-carbon-jobs-the-evidence-for-net-job-creation-from-policy-support-for-energy-efficiency-and-renewable-energy.html>
- [36] <http://www.thesolarfoundation.org/fact-sheet-state-solar-jobs-census-2015/>
- [37] M.Z. Jacobson *et al.*, *Energ. Environ. Sci.*, 2015, **8**, 2093.
- [38] N. Armaroli, V. Balzani, *Chem. Eur. J.*, 2016, **22**, 32.
- [39] [http://www.nytimes.com/2015/12/04/opinion/republicans-climate-change-denial-denial.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2015/12/04/opinion/republicans-climate-change-denial-denial.html?_r=0)
- [40] <https://www.oxfam.org/en/research/extreme-carbon-inequality>
- [41] <http://www.theguardian.com/environment/2016/feb/25/fossil-fuel-use-must-fall-twice-fast-thought-contain-global-warming>
- [42] <http://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2016/01/daily-chart-6>





## Risparmio economico e ridotte dimensioni nel controllo della portata in ambienti igienico-sanitari

**bürkert**  
FLUID CONTROL SYSTEMS

FLOWave è il nuovo sensore di portata di Bürkert, ideato per l'industria farmaceutica, cosmetica e alimentare e delle bevande, con un design compatto e un peso ridotto, che consente ai costruttori e utilizzatori finali un notevole risparmio in termini di spazio, oltre alla facilità di installazione. FLOWave risponde anche alla crescente domanda di un basso consumo energetico, può essere montato in orizzontale o verticale e ha una precisione della misura della portata del 0,4%.

FLOWave non è sensibile alla conducibilità, quindi può essere utilizzato per la misura di fluidi non conduttivi come l'acqua demineralizzata.

Contattateci per ulteriori informazioni.



[www.buerkert.it](http://www.buerkert.it) | [info@buerkert.it](mailto:info@buerkert.it) | Tel. 02.95.90.71

Potete visionare questo prodotto in fiera. Vi aspettiamo!



**Pharmintech**

Exhibition for the pharmaceutical, nutraceutical and personal care industry

BOLOGNA, 13 - 15 APRILE 2016

Stand B79 - Padiglione 22

# CONVEGNO EXPOCHIMICA

Expochimica è un evento dedicato al settore della chimica specialistica in grado di promuovere l'aggiornamento dei professionisti e di presentare aziende con il più alto tasso di innovazione. ExpoChimica è nata con lo scopo di favorire lo sviluppo della chimica specialistica in Italia attraverso l'approfondimento delle tematiche riguardanti innovazione e ricerca, energia e ambiente, sicurezza e salute.



Il Convegno, curato dal Comitato Scientifico presieduto dal Prof. Emerito Ferruccio Trifirò, Presidente dell'Accademia della Scienze di Bologna, e coordinato dal Prof. Ass. Paolo Zanirato, è stato organizzato in tre cicli di conferenze, con inclusa una sessione poster:

- 25 novembre Innovazione e Ricerca
- 26 novembre Energia ed Ambiente
- 27 novembre Sicurezza e Salute

orientate alla divulgazione di linee innovative di ricerca e dello sviluppo tecnologico in tutte le discipline in cui le scienze chimiche sono coinvolte (energia, ambiente, salute, qualità della vita, arte, industria, istruzione ecc.). L'evento è stato, inoltre, caratterizzato dalla partecipazione attiva di start up, spin off e imprese nei settori chimici di competenza.

## Saluti istituzionali

L'importanza dei convegni chimici nell'informazione-formazione è stata evidenziata negli intervenuti istituzionali orientati secondo i vari punti di vista.

Isabella Conti, Sindaco di San Lazzaro di Savena (BO): la chimica è percepita dai 'media' come scienza duale, ma in realtà è una scienza essenziale quando, basandosi sulla responsabilità e l'etica, riesce a trasformare il veleno in medicina. L'uso corretto della chimica e la valorizzazione dei giovani talenti creano fiducia nel futuro, mentre un Paese senza ricerca è inevitabilmente un Paese che non avrà futuro.

Antonino Rotolo, Prorettore alla Ricerca dell'Alma Mater, BO: per la ricerca e l'innovazione chimica, così come per tutte le scienze, è auspicabile la creazione di una filiera per il trasferimento tecnologico basata sulla multidisciplinarietà - università, enti di ricerca e imprese congiunte - in una visione strategica in grado di evolvere dalla ricerca di base verso quella industriale per il raggiungimento dell'applicazione finale nell'ambito della sostenibilità. Si rendono necessari nuovi paradigmi, nei quali UniBo è impegnata da diversi anni, mediante l'impiego di fondi strutturali regionali e la collaborazione diretta con le aziende per mettere a sistema una strategia per la costruzione di nuove start up.

Raffaella Raffaelli, Membro dell'Ordine Interprovinciale dei Chimici dell'Emilia Romagna: la responsabilità, la competenza e l'etica, sono le tre caratteristiche che l'Ordine dei Chimici dovrebbe richiedere ai propri iscritti; da qui la necessità di interagire con l'Ordine dei Chimici e l'Università per un rinnovamento orientato a formare giovani neo-laureati in possesso di queste tre caratteristiche.

Silvano Bertini, responsabile del Servizio Politiche di sviluppo economico, ricerca industriale e innovazione tecnologica della Regione Emilia Romagna: l'Italia è caratterizzata da potenzialità non sfruttate pienamente e con strutture che si dirigono all'estero. Per colmare questa lacuna è necessario formare legami tra ricerca pubblica/privata e Regione (azione di sistema) con una ricaduta reale sul potenziale di ricerca di cui la chimica è un settore importante. La Regione Emilia Romagna con l'applicazione del programma regionale - con la L.R. n. 7/2002 si è passati da 1,00% a 1,65% della ricerca sul PIL - per la ricerca industriale può portare vantaggi anche a livello europeo, sia nell'aumento dello standard, sia organizzativo; non essendo in discussione la qualità della ricerca, bensì la sua eccessiva frammentazione.

Vengono qui brevemente riportati i contenuti dei vari interventi, rimandando al sito di Expochimica [http://www.expochimica.it/vhost/dt\\_cs/anima/datatonic\\_cs/upload/dt\\_cs\\_expochimica/binary\\_files/file/ExpoChimica/EventoEXPOCHIMICAweb1.pdf](http://www.expochimica.it/vhost/dt_cs/anima/datatonic_cs/upload/dt_cs_expochimica/binary_files/file/ExpoChimica/EventoEXPOCHIMICAweb1.pdf) per una trattazione più approfondita.

Nelle pagine seguenti di questa rivista sono presenti gli articoli di alcuni relatori (Alessandro Abbotto, Daniele Andreotti, Ivano Battaglia, Sergio





Carrà, Gabriele Centi, Renzo Di Felice, Simone Ligi, Massimiliano Livi, Riccardo Tuffi); gli interventi di Raffaella Raffaelli, Tomaso Munari, Cristina Cavallini, Stefano Castelli, Luigi Rigano sono riportati nel numero allegato de *Il Chimico Italiano*.

#### **Francesco Pignataro**

##### ***'La collaborazione tra imprese chimiche e sistema pubblico della ricerca'***

La visione del mondo della ricerca in cui l'innovazione nasce con la ricerca di base, cresce con la ricerca applicata e diventa valore economico con la ricerca industriale, incluso il passaggio della proprietà intellettuale a quello brevettuale, in Italia presenta alcune anomalie. Con la frammentazione tra attribuzioni e attività necessarie per lo sviluppo applicativo e con la catena dell'innovazione polarizzata agli estremi tra ricerca di base e quella industriale si perde la funzionalità e non si garantisce l'alimentazione di tecnologie innovative al sistema imprenditoriale per superare 'la valle della morte'. In questa fase il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) appare più adatto a supportare le aziende e in questo ruolo istituzionale andrebbe coadiuvato con investimenti pubblici per sostenere i rischi e anticipare i costi della ricerca applicata con impegno vincolante delle imprese all'industrializzazione dei risultati e alla corresponsione di royalties per i diritti del loro sfruttamento industriale. Altri punti critici, che ostacolano le sinergie tra mondo imprenditoriale e Comunità Scientifica, sono a) lo scarso interesse delle Imprese per i Dottori di Ricerca (il 73% dichiara di non assumerli, mentre solo il 7% dei PhD può trovare spazio nell'organico accademico) (dati Federchimica e dati MIUR, elaborazione ADI), b) la scarsissima mobilità dei ricercatori da Sistema Pubblico verso le Imprese e c) la mancanza di formazione inerente alla Chimica delle Formulazioni, che rappresenta oggi almeno il 50% della produzione italiana (dati Federchimica).

#### **Carlotta Gobbi**

##### ***'Regolamento biocidi: come cambiano le formulazioni'***

Scopo del regolamento sui biocidi (BPR, Regolamento (UE) n. 528/2012) è quello di migliorare il funzionamento del loro mercato nell'Unione Europea e garantire un più elevato livello di tutela per l'uomo e per l'ambiente. È necessario, quindi, pianificare una serie di attività regolate dalle normative vigenti: REACH (per i principi attivi, i solventi e co-formulanti) e CLP (su classificazione ed etichettatura del formulato e i claims che si vogliono supportare in etichetta) oltre ad una serie di valutazioni sul rischio per l'uomo e per l'ambiente. In Endura la collaborazione tra il dipartimento tecnico e quello normativo, con il supporto del laboratorio analisi e dell'ufficio marketing, si sta sviluppando una serie di formulazioni insetticida a uso domestico le cui caratteristiche sono in linea con il Regolamento.

#### **Simone Maccaferri, researcher**

##### ***'Obiettivi e sinergie tra HORIZON 2020 e le iniziative collegate nei settori della chimica verde, energia e ambiente'***

Horizon2020 ha posto un forte interesse ai temi della chimica verde, energia ed ambiente all'interno delle cosiddette sfide sociali suddivise in macro-aree:

- Societal Challenge 5: Climate Action, environment, resource efficiency and raw materials;
- Societal Challenge 2: Food security, sustainable agriculture and forestry, marine and maritime inland water research and the bioeconomy;

- Societal Challenge 3: Secure, clean and efficient Energy.

L'Università di Bologna attraverso l'ARIC (Area Ricerca e Trasferimento Tecnologico) affronta l'urgente e opportuna necessità di ridurre la distanza tra la ricerca scientifica ed il mercato. Le tecnologie abilitanti o KET (Key Enabling Technologies) e Research and Innovation Actions (<http://ec.europa.eu/research/index.cfm>) sono ritenute fondamentali per la crescita e l'occupazione sviluppando soluzioni e/o miglioramenti tecnologici capaci di rivitalizzare il sistema produttivo e hanno rilevanza sistemica per la capacità di innovare processi, prodotti e servizi in tutti i settori economici dell'attività umana.

#### **Luigi Vaccaro**

##### ***'La chimica in flusso come nuova opportunità per una produzione chimica competitiva e sostenibile'***

La realizzazione di processi sintetici operanti in flusso combina l'ottimizzazione del costo energetico del processo, controllo della temperatura dell'ambiente di reazione, della sicurezza, produzione minima e controllata delle sostanze pericolose, e la possibilità di indirizzare i processi sintetici verso cammini di reazione innovativi, irrealizzabili nelle condizioni del reattore statico "batch". L'impiego di ogni nuova tecnica, (es. chimica in flusso) capace di minimizzare l'uso di solventi organici (≈80% in un processo chimico) e di utilizzare quantità stechiometriche di reagenti (catalizzatori recuperabili e riutilizzabili), è indispensabile per una chimica moderna.

#### **Anna Luisa Costa**

##### ***'Nuove sfide tecnologiche grazie a materiali tessili ceramizzati'***

L'immobilizzazione di nanoparticelle inorganiche (NPs) in supporti tessili consente di ottenere nuovi materiali compositi organici-inorganici che uniscono le proprietà dei tradizionali materiali ceramici e tessili senza alterare la natura del substrato tessile. Rivestimenti protettivi con azione ritardante di fiamma, anti-usura, proprietà idrofile/idrofobiche, self-cleaning e antibatteriche possono essere impiegati per la produzione di tessuti funzionali (self-cleaning/antibatteriche attivate dalla luce).

#### **Daniilo Fontana**

##### ***'Il riciclo di materiali da rifiuti: un focus sul recupero di metalli preziosi da apparecchiature elettriche ed elettroniche a fine vita'***

L'aumento di materiali da Rifiuti di Apparecchi Elettrici ed Elettronici (RAEE) nell'ultimo decennio è causa di due fenomeni: l'incremento della domanda di materie prime e la gestione del fine vita delle apparecchiature. Riguardo al 'fine vita' degli AEE, il Consiglio Europeo ha emanato la direttiva (2012/19/UE), recepita in Italia con D. L. 49/2014, che opererà in fase transitoria fino ad agosto 2018. Per trasformare i RAEE da problema ambientale a risorsa economica è necessario recuperare la parte "nobile" del rifiuto-costituita dalle schede elettroniche ricche di metalli quali oro, argento, palladio e rame-solitamente effettuato in impianti pirometallurgici di grandi dimensioni. Questo processo, peraltro non del tutto sicuro, per essere sostenibile deve operare su grandi quantità di materiale spesso non disponibile nel solo ambito nazionale.

La tecnica alternativa alla pirometallurgia è l'idrometallurgia. L'ENEA sta realizzando un impianto pilota denominato ROMEO (Recovery Of METal by hydrOmetallurgy)-un processo innovativo brevettato dedicato al recupero di materiali ad alto valore, ma che potrà essere impiegato anche per altri materiali esausti quali le lampade a fluorescenza ed i catalizzatori.

**Cosimo Franco**

### ***La sostenibilità dell'industria chimica e l'importanza del Programma "Responsible Care"***

La chimica europea mantiene delle performance positive: è la principale esportatrice mondiale (con il 44% di quota) e una bilancia commerciale sempre più positiva (47 miliardi di euro nel 2010, dati [www.federchimica.it](http://www.federchimica.it)). In un recente incontro delle Associazioni Industriali-organizzato in collaborazione con la Biblioteca Bilancio Sociale-si è discusso di "Corporate Social Responsibility" (CSR), un *modus operandi* per migliorare l'azienda a tutti i livelli (economico-strategico-organizzativo). È emersa la volontà di diffondere il ruolo sociale ed economico delle imprese come vantaggio competitivo sul mercato di riferimento, anche mediante opportuni indici S&P (<http://www.sustainability-indices.com/>, <http://www.djindexes.com/sustainability/>), con l'attestazione della propria trasparenza ed ottenere un accresciuto valore della reputazione industriale.

**Stefano Alini**

### ***'La metodologia dell'impronta ambientale: Riduzione dell'impatto ambientale realizzato con modifiche impiantistiche'***

Nel 2014 è stato realizzato uno studio volto a sperimentare, per la prima volta in Europa, la metodologia dell'Impronta Ambientale di Organizzazione (Organisation Environmental Footprint, OEF) e di prodotto (Product Environmental Footprint, PEF) sulla filiera della poliammide 66. L'utilizzo della metodologia PEF ha consentito di monitorare tutte le matrici ambientali dimostrando effetti positivi anche su altre categorie d'impatto, quali la formazione dell'ozono fotochimico, l'acidificazione e l'eutrofizzazione terrestre. Le modifiche impiantistiche realizzate hanno consentito la riduzione dell'impatto ambientale del 63% delle emissioni di gas effetto serra (GHS) per l'impianto dell'acido nitrico e del 36% per l'impianto dell'acido adipico. Essendo la PEF un approccio multicriteria ha consentito un miglioramento dell'impatto ambientale anche sul prodotto finito (pari al 17%), consentendo allo stabilimento Radici di posizionarsi ad un livello inferiore al valore del benchmark europeo. L'analisi LCA con approccio PEF è un ottimo strumento di supporto alle decisioni strategiche aziendali.

**Leonardo Setti, ricercatore**

### ***'Dalla bioraffineria alla biocosmesi: l'esperienza di PHENBIOX'***

Questo è un passaggio fondamentale dalla chimica industriale dei fossili all'utilizzo di fonti rinnovabili e quindi al modello di "bioraffineria" in cui le materie prime rinnovabili (biomasse) sono trasformate in combustibili, energia e prodotti chimici, con tecnologie che producono minimi scarti e limitate ricadute sull'ambiente.



Le biomasse vegetali sono una fonte rilevante di secondary chemical building blocks-è necessario disgregare le matrici solide per rendere le molecole d'interesse disponibili nelle fasi di recupero-ossia di derivati chimici a medio valore aggiunto utilizzati come precursori nella sintesi di prodotti con elevato valore aggiunto. L'utilizzo di biocatalizzatori enzimatici, con elevate attività xilanasiche, amilasiche e cellulasiche, consente la disgregazione delle strutture polisaccaridiche delle matrici vegetali rilasciando le componenti chimiche in soluzione (bio-liquefazione).

**Germana Olivieri**

### ***'Life Cycle Assessment (LCA), Carbon Footprint, Environmental Product Declaration, come strumenti per la sostenibilità ambientale d'impresa'***

La sostenibilità ambientale ed energetica di prodotti e servizi è divenuta una variabile strategica per la competitività delle imprese, che hanno a disposizione diversi strumenti d'indagine e gestione dei cicli produttivi e allo stesso tempo di verifica della propria immagine in un'ottica di "green marketing". Tra questi rientrano il Life Cycle Assessment (LCA) e i sistemi di etichettatura e/o calcolo ad esso collegati come l'Environmental Product Declaration (EPD), il Carbon Footprint, la Water Footprint, la Product e Organisation Environmental Footprint (PEF/OEF). Nel panorama internazionale delle etichettature ambientali di carattere volontario, regolate dagli standard ISO 14020, si distinguono le etichettature di terzo tipo (ISO 14025) e le dichiarazioni ambientali di prodotto (EPD).

**Fabrizio Passarini**

### ***'Impatto generato sull'ambiente da fonti d'inquinamento di origine antropica'***

Cosa accade quando si osserva la produzione dell'industria chimica da una prospettiva di filiera? Adottando un approccio di "ciclo di vita" (Life Cycle Assessment, LCA), si possono individuare diverse fonti d'impatto ambientale; dalla produzione delle materie prime, ai trasporti, ai consumi energetici (termici ed elettrici), alla gestione dei sottoprodotti. Ciò consente di integrare l'informazione fornita da alcuni indicatori di efficienza dei processi chimici (Green metrics) quali: E-factor, Atom Economy (AE), Reaction Mass Efficiency (RME), Mass Intensity (MI), Mass Productivity (MP). Studi sperimentali hanno dimostrato che l'efficienza del sistema catalitico, assieme al consumo e al recupero energetico e soprattutto all'impiego di materia prima da fonti rinnovabili (da biomassa dedicata o di scarto) sono i principali fattori che influenzano la sostenibilità dei processi investigati.

**Silvia Zamboni**

### ***'Energia, cambiamenti climatici e giustizia ambientale'***

Le emissioni di CO<sub>2</sub> eq nel 2030 saranno pari a 55-60 miliardi di tonnellate, mentre compatibilmente con i due gradi di aumento della temperatura media del Pianeta è richiesto di non superare i 40 miliardi (indicazione dell'IPCC). Rispetto al primo rapporto (rapporto di Nicholas Stern, 2006) lo sviluppo tecnologico ha ridotto in maniera straordinaria il costo del fotovoltaico, mentre avanzano nuove opportunità legate all'economia digitale, che facilitano l'accesso all'uso condiviso dei beni superando il concetto di proprietà, come fa il car sharing. Green economy, economia circolare e sharing economy sono già realtà, ma la sfida dei cambiamenti climatici si vince affrontando contemporaneamente quella della giustizia ambientale e sociale (Papa Francesco, *Laudato si'*).





La conferenza Onu sul clima COP21, che si terrà a Parigi il prossimo dicembre, segnerà una tappa importante verso il raggiungimento di un accordo vincolante in questa direzione.

NdC: la COP21 si è conclusa (12 dicembre 2015) positivamente nel recepimento di questi punti con il consenso di 196 rappresentanti dei diversi Paesi. L'accordo, tuttavia, diverrà giuridicamente vincolante se a New York sarà firmato da almeno 55 Paesi che insieme producono il 55% del gas serra (GHS) totale in una data compresa tra il 22 aprile 2016 e il 21 aprile 2017. Il 3/02/2016 il Parlamento Ue ha raddoppiato i limiti per le emissioni delle auto.

#### Lucia Gigante

**'La sicurezza chimica: calorimetria e analisi termica applicata allo studio e valutazione dei pericoli termici di processi chimici e sostanze'**



L'infiammabilità delle sostanze chimiche sono parte della "cultura" chimica industriale, mentre i rischi derivanti da instabilità termica sono talvolta sottovalutati o trascurati. Sono oggi disponibili strumenti specifici per condurre studi termoanalitici e calorimetrici in grado di valutare la sicurezza di un intero processo chimico e le diverse fasi di "vita" di una sostanza: stabilità termica di reagenti; studio calorimetrico della reazione desiderata; stabilità termica della miscela di reazione finale; stabilità termica durante le fasi di finitura e purificazione del prodotto, condizioni sicure di manipolazione e stoccaggio. L'esecuzione e soprattutto la valutazione critica dei dati delle sperimentazioni richiedono un elevato livello di competenza e una conoscenza specifica delle tecniche, di cui sono illustrati alcuni esempi operativi.

#### Fulvio Borrino

**'Approccio integrato nella bonifica dei siti contaminati: una esigenza imprescindibile'**

Tra i siti d'interesse nazionale da bonificare sono comprese aree minerarie, centri siderurgici, discariche e complessi chimici e petrolchimici con un elevato carico di sostanze pericolose con il rischio di contaminazione del terreno e delle falde acquifere. La selezione della tecnologia di bonifica più efficace per il riuso inizia con l'esecuzione di una serie mirata d'indagini di campo per definire il modello concettuale del sito, l'applicazione dell'analisi di rischio sito specifica, la definizione degli obiettivi di bonifica e, infine, l'analisi delle BAATNEC: 'imposizione dell'utilizzo del criterio delle migliori tecnologie disponibili che non comportano costi eccessivi'.

#### Fulvio Mattivi

**'Era meglio la mela di una volta? Il punto di vista della metabolomica'**

Le mele sono il frutto maggiormente consumato in Europa e un importante fito-nutriente nella dieta umana per il loro contenuto attribuibile a cinque classi di polifenoli: acidi cinnamici, flavanoli, diidrodicalconi, flavonoli e stilbeni. Tra i flavanoli più abbondanti nella mela vi sono l'epicatechina e le procianidine oligomere. L'acido clorogenico è il principale acido cinnamico, mentre la florizina è il componente principale tra i diidrodicalconi.



Lo scopo di questo studio - crossover umano randomizzato - è quello di identificare in modo olistico l'insieme dei prodotti metabolici delle diverse classi di polifenoli della mela circolanti nei biofluidi i cui rapporti tra microbiota e metaboliti sono risultati significativamente incrementati dopo l'assunzione di succo fortificato. Lo studio ha esemplificato chiaramente che l'applicazione integrata di approcci multi-comparto e multi-omici per l'analisi dei metaboliti e la caratterizzazione del microbiota intestinale umano sono in grado di fornire un quadro olistico e particolarmente ricco del chimismo in-vivo, che evidenzia la complessità dell'interazione tra uomo ed alimento.

#### Diana Boraschi

**'Sicurezza dei nano-materiali: effetti sul sistema immunitario'**

L'interazione fra il corpo umano e i nano-materiali ingegnerizzati può avvenire in maniera casuale (inalazione, ingestione, contatto con la pelle) o in modo deliberato (somministrazione endovenosa di nano-farmaci o nano-diagnostici). La nano-tossicologia deve dunque considerare i possibili effetti nocivi dei materiali soprattutto a questi quattro livelli (pelle, mucosa respiratoria, mucosa gastro-intestinale, sangue). Nella maggioranza dei casi la risposta infiammatoria di difesa si risolve rapidamente, con l'eliminazione delle nano-particelle e il ripristino dell'omeostasi, ma in alcuni casi - certi tipi di nanotubi di carbonio molto lunghi e con pareti multiple - può perdurare (infiammazione cronica).

#### Giovanna Zappa

**'Nanotecnologie e sicurezza alimentare: opportunità e rischi'**

I nano-materiali sono utilizzati nell'industria alimentare direttamente per il trattamento degli alimenti (come ingredienti e/o additivi alimentari), nelle tecnologie di processo, per lo sviluppo di packaging innovativi e per la realizzazione di sensori dedicati, offrendo diverse ed importanti opportunità per la sicurezza alimentare. Accanto ad una panoramica sulle principali applicazioni delle nanotecnologie nel settore agroalimentare e all'evoluzione della specifica normativa, è stato affrontato il tema della nano-metrologia quale strumento per far progredire gli studi e le ricerche sull'esposizione a nano-particelle e sugli effetti a medio e lungo termine e consentirne quindi un impiego in sicurezza.



### Enrico Dalcanale

#### **'Salute e sicurezza: le inesauribili frontiere della rilevazione olfattiva'**

Il relatore ha presentato ricerche effettuate in laboratorio con l'impiego di Sistemi Olfattivi Artificiali (SOA) orientate alla scoperta di soluzioni pratiche nel campo della rilevazione olfattiva. L'argomento è stato affrontato seguendo il Technology Readiness Level realizzato nel campo della salute (TRL 4, 7, 9) e della sicurezza (TRL 3/5, 4).

### Fabio Biscarini

#### **'Bioelettronica organica per il trattamento della lesione del midollo spinale'**

I trasduttori elettronici dell'attività neuronale delle cellule sono importanti dispositivi in neuroscienze e neurologia. Transistori Field-Effect Organici (OFETs) offrono superfici chimiche create ad hoc per rispondere a bisogni specifici - oltre a flessibilità meccanica ed elevata sensibilità - quali i cambiamenti del potenziale elettrostatico all'interfaccia con il dispositivo che li rendono attrattivi per l'interfacciamento elettronico a cellule neurali e compiere sia le registrazioni extracellulari, sia la stimolazione dell'attività diffusa neuronale. È stato sviluppato un nuovo trattamento per le lesioni al midollo spinale (SCI, Spinal Cord Injury) dove il dispositivo multifunzionale è utilizzato come strumento per stimolare le plasticità residuali e il controllo del processo infiammatorio. Sono stati illustrati gli sviluppi futuri della tecnologia rivolta a terapie circoscritte e applicazioni POC (Proof Of Concept).

### Sessione Poster

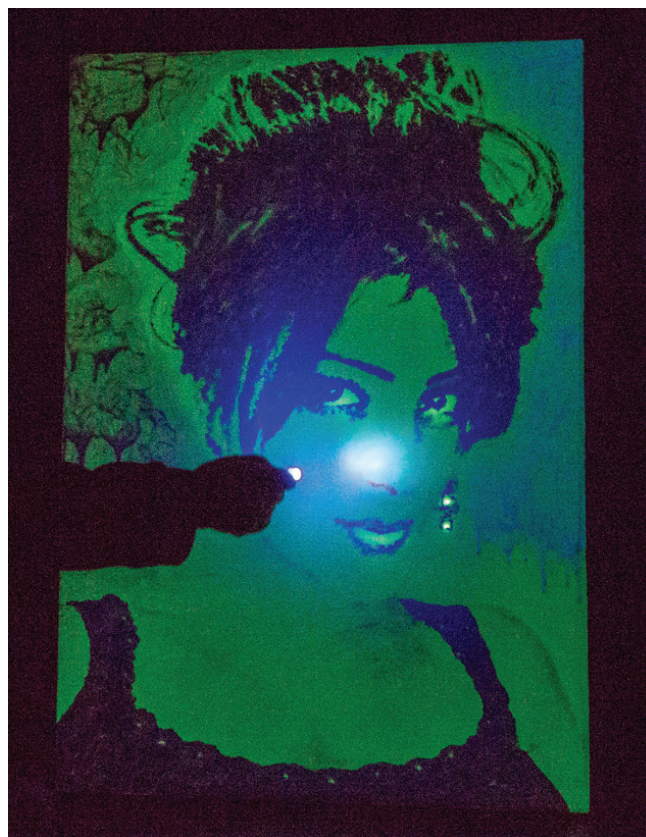
Nella sessione poster hanno partecipato al Convegno ExpoChimica:

- Andrea Giunchi *et al.*, Study of a new class of Charge-Transfer compounds based on the mixed system Perylene-FxTCNQ derivatives - Dip.to di Chimica Industriale "Toso Montanari", UniBO;
- Arianna Rivalta *et al.*, Structure identification of paracetamol by lattice phonon Raman microscopy - Dip.to di Chimica Industriale e INSTM-UdR dell'UniBO;
- Ylea Vlamidis *et al.*, Modified electrodes for sensors, biosensors and energy applications - Dip.to di Chimica Industriale, UniBO;
- Lucia Forte *et al.*, Functionalization of octacalciumphosphate with bisphosphonates - Dip.to di Chimica "Giacomo Ciamician", UniBO, ISOF-CNR, BO;
- Lucia Bartella *et al.*, Determinazione assoluta dell'idrossitiroso li-

bero e totale in olio extravergine di oliva in accordo alla Direttiva CE 432/2012 - Dip.to di Chimica e Tecnologie Chimiche CTC, UniCAL, Arcavacata di Rende, CS.

Il Convegno Expochimica della Chimica Specialistica in Italia, in collaborazione con il Dip.to di Chimica Industriale, dell'Università di Bologna, del Consiglio Nazionale dei Chimici (CNC) e della Società Chimica Italiana (SCI), sponsorizzato da Labcenter Exacta+Optech e la collaborazione organizzativa di Conference Service Srl (BO), si è chiuso il 27 novembre a San Lazzaro di Savena (BO) con grande e positiva partecipazione e la presenza attiva di una scolaresca dell'Istituto Tecnico "E. Fermi" di Mantova guidata dal prof. Mauro Grandi.


Nella giornata del 25 novembre il Convegno ExpoChimica ha contemporaneamente ospitato la mostra pittorica "Navigatori del Cosmo" a cura del "pittore illuminato" Raimondo Galeano, noto per un particolare ed esclusivo impiego della fosforescenza e di vernici luminescenti reattive per irradiazione ([www.raimondogaleano.com](http://www.raimondogaleano.com)).



### Expochimica Workshop

The workshop Expochimica was programmed each day in the fields of research and innovation, energy and environment, security and health, with the contribute of expert in these sectors and showing large participation of people involved in all chemical aspects. In order to promote the innovation of the chemical research and its economic, social and environmental responsible contribution to the society.





# Texlon

100% PTFE puro,  
espanso e multi-direzionale



Le lastre **Texlon** sono composte di 100% PTFE puro, multi-direzionale con densità superiore. Facilita l'installazione in quanto le guarnizioni prodotte da lastre **Texlon** si adattano perfettamente alla rugosità, disuniformità e irregolarità comuni alle flange usate. In applicazioni con sollecitazioni dovute a cicli termici e forze esterne, le lastre **Texlon** permettono una maggiore resistenza alle fughe. Con le guarnizioni prodotte con lastre **Texlon** è possibile coprire una vasta gamma di flange in acciaio.

## APPLICAZIONI

**Componenti:** flange standard di grandi dimensioni, tubazioni, flange di apparecchiature, geometrie complesse.

**Tipi di flange:** flange in acciaio e componenti ad alto grado di FRP.

**Mezzi:** prodotti chimici altamente aggressivi, tutti i mezzi nell'industria alimentare e nelle applicazioni farmaceutiche.

**Tutti i prodotti Texlon Texpack® sono certificati TALuft.**

Richiedete il nuovo catalogo generale al nostro Customer Service

# TEXPACK®

Texpack® srl - unipersonale - Azienda certificata UNI EN ISO 9001: 2008  
Via Galileo Galilei, 24 - 25030 Adro (BS) Tel. +39 030 7480168 - Fax +39 030 7480201  
info@texpack.it - www.texpack.it

# PROGETTAZIONE MOLECOLARE E DISPOSITIVI PER PRODUZIONE SOLARE DI ELETTRICITÀ E COMBUSTIBILI

Dopo una veloce introduzione al contesto nazionale ed internazionale, vengono descritte le strategie di progettazione molecolare per la costruzione di materiali e dispositivi fotovoltaici e di fotosintesi artificiale di ultima generazione, dimostrando come l'ingegnerizzazione molecolare consenta di migliorare le prestazioni dei dispositivi solari.



Il fabbisogno di energia nel mondo è previsto aumentare dagli attuali 18 TW (fine 2012) ad almeno 32 TW (alcune previsioni indicano 40 TW) nel 2050. Il pieno sfruttamento dell'energia solare, la più abbondante fonte di energia per il pianeta Terra, diventa anno dopo anno una scelta sempre più strategica per rispondere al crescente fabbisogno di elettricità (fotovoltaico, PV), di reagenti e combustibili (fotosintesi naturale ed artificiale) e di riscaldamento [1].

In particolare, il settore PV ha visto un impressionante sviluppo negli ultimi anni. Secondo il recente "Renewables 2105 Global Status Report" [2] la potenza PV installata è passata da meno di 3 GW nel 2004 a quasi 180 GW nel 2014, con un incremento di quasi 50 GW rispetto solo all'anno precedente. Nel 2013 l'ammontare di tutte le fonti rinnovabili, compreso l'idroelettrico, sfiora ormai il 20%, contro il 2,6% dell'energia nucleare. Si stima che nel loro complesso le rinnovabili diano oggi lavoro a 8 milioni di persone, con un incremento del 15% rispetto al 2012. Le fonti rinnovabili costituiscono la soluzione ideale per un'energia distribuita e sostenibile nei Paesi in via di sviluppo, un obiettivo di tutta l'umanità, se si tiene conto che nel 2015 1,7 miliardi di persone sono ancora senza elettricità, con punte del 70% della popolazione nella regione sub-sahariana, e una popolazione di circa 3 miliardi si affida ancora a biomasse tradizionali per scaldare e cucinare. In questi Paesi l'energia rinnovabile rappresenta non solo una soluzione etica per

risolvere problemi di povertà ma anche una nuova forma di sviluppo economico per le aziende dei Paesi maggiormente industrializzati.

L'Italia occupa una posizione di assoluto rilievo nel campo delle rinnovabili, nonostante politiche di sviluppo energetico non sempre coraggiose e lungimiranti. Nel 2014 l'Italia è risultata al quarto posto in termini di potenza PV installata dopo Germania, Cina e Giappone (facendosi purtroppo superare da quest'ultima a causa del rallentamento nel 2014), e seconda solo ai tedeschi, se normalizzato rispetto alla popolazione [2]. Pochi sanno, e i media non riportano con la dovuta attenzione, che già nel 2015 (mese di maggio) in una giornata di picco nel consumo di elettricità il 50,4% proviene da fonti rinnovabili (36,2% se si esclude l'idroelettrico), contro il 42% dell'anno precedente [3]. Quando poi la domanda energetica è contenuta, come nei week-end assoluti estivi in cui la produzione industriale si contrae, il 100% di elettricità è già oggi prodotta interamente da fonti rinnovabili. Il PV da solo è arrivato a produrre nel 2014 l'8% della domanda annuale di elettricità, un risultato fino a pochi anni fa neanche ipotizzabile.

Nell'ambito delle tecnologie PV di ultima generazione [4], le celle solari sensibilizzate da un colorante (dye-sensitized solar cells, DSSC) [5], introdotte da Grätzel and O'Regan nel 1991 [6], e le celle a perovskiti (perovskite solar cells, PSC) [7], mostrano le potenzialità più interessanti. La tecnologia DSSC ha raggiunto oggi efficienze in laboratorio del 15% [8], mentre le celle PSC hanno sperimentato un vertiginoso progresso dal 5% da soli 4 anni fa a valori certificati superiori al 20% [9], ormai prossimi al record assoluto del 25,6% per una cella a mono-giunzione, detenuto dal silicio cristallino [10]. I progressi degli ultimi anni in questo settore sono stati così impressionanti che, pur essendo ancora presenti importanti criticità legate alla stabilità e all'uso di derivati tossici (ad es. sali di Pb) [11], l'entrata in una nuova era di energia solare ad alte prestazioni e bassi costi sembra ormai a portata di mano [7]. Il Prof. Grätzel, inventore della tecnologia DSSC e co-detentore del record certificato del 21% per una cella PSC insieme al Prof. Hagfeldt (EPFL, Lausanne, Dicembre 2015), ha recentemente dichiarato: "The progressive replacement of fossil fuels by solar PV in many applications is not a matter of if, but when" [12].



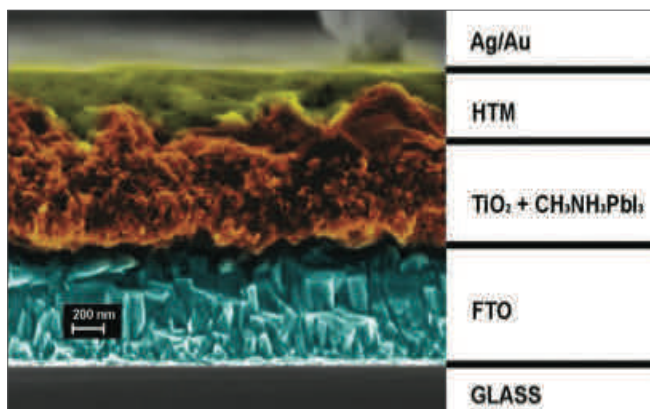


Fig. 1 - Cross-sectional SEM di una cella PSC fabbricata nei laboratori MIB-SOLAR

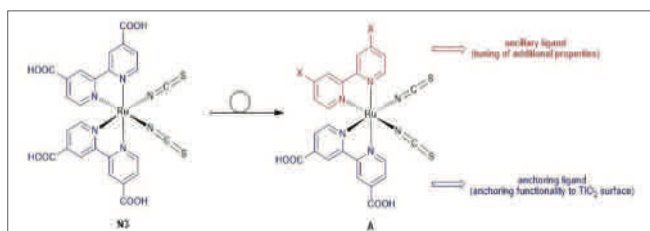


Fig. 2 - Strategia generale per il design di fotosensibilizzatori a base di complessi di Ru(II) con 2,2'-bis-piridine sostituiti da gruppi X aromatici ed eteroaromatici

Nel Centro di Ricerca per l'Energia Solare MIB-SOLAR dell'Università di Milano-Bicocca, istituito nel 2010, diretto dall'autore di questo articolo, diversi team di ricerca si occupano da anni di varie tecnologie solari, dal silicio ai film sottili inorganici (ad es. CIGS), alle celle di terza generazione a base organica e ibrida (DSSC, PSC, OPV), al solare a concentrazione [13]. Negli ultimi due anni la ricerca si è estesa ad altre tecnologie solari, tra cui la produzione di idrogeno via water splitting, di cui si parlerà nella seconda parte. Il Centro MIB-SOLAR, dotato di strumentazione allo stato dell'arte e di una camera bianca di ca. 100 mq in classe ISO7, studia dispositivi dalla scala di laboratorio (celle) al livello pre-industriale (moduli e mini-pannelli), in collaborazione con aziende italiane e straniere, dando luogo in diversi casi a deposito di brevetti internazionali e progetti pilota industriali.

Il nostro gruppo di ricerca si è occupato negli ultimi anni di materiali e dispositivi per DSSC, PSC e OPV (Fig. 1). Nel campo delle DSSC abbiamo studiato, in collaborazione con vari centri di ricerca nazionali e stranieri e con aziende (eni SpA) [14], le diverse componenti della cella solare, dal fotosensibilizzatore all'elettrolita [15] al biossido di titanio [16]. È nel campo dei fotosensibilizzatori che abbiamo concentrato la massima attenzione, studiando diverse classi di complessi organometallici (in particolare di Ru(II)) e coloranti completamente organici. In tutti questi casi l'attenzione è stata diretta alla fine modulazione delle proprietà ottiche ed energetiche delle componenti molecolari, da cui dipendono le prestazioni dei dispositivi, tramite l'utilizzo di specifiche unità sub-molecolari aromatiche ed eteroaromatiche elettrone-ricche ed elettrone-povere. Tramite l'accurato design molecolare abbiamo dimostrato come sia possibile ottenere dispositivi con migliori prestazioni in termini di raccolta della luce (fotocorrente), voltaggio, efficienza di

conversione energetica e stabilità temporale di medio e lungo termine. Tra i vari esempi citiamo lo studio di complessi bis-piridici di Ru(II) recanti sostituenti eteroaromatici sugli anelli piridici (Fig. 2), che ha permesso di ottenere dispositivi con efficienze attorno al 10% [17], e una nuova classe di fotosensibilizzatori organici metal-free, da noi introdotta nel campo delle DSSC alcuni anni fa [18] e poi largamente utilizzata da altri gruppi di ricerca, a base di strutture ramificate (multi-branched dyes) (Fig. 3) [19]. I derivati di- e tri-ramificati [20] recano due importanti novità strutturali: la presenza di un sistema coniugato  $\pi$  più esteso, per migliorare le proprietà ottiche, e la presenza di due gruppi carbossilici, che, legandosi al biossido di titanio, consentono un trasferimento di elettroni, in seguito a fotoeccitazione, più efficiente. Le innovazioni strutturali hanno permesso di sviluppare nuove classi di fotosensibilizzatori con migliori proprietà ottiche qualitative e quantitative, un più efficiente controllo dell'aggregazione molecolare e una maggiore stabilità temporale sotto illuminazione e stress termico.

Nell'ambito di un progetto di ricerca industriale e sviluppo sperimentale nei settori strategici di Regione Lombardia e del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (DM 7128/2011), in collaborazione con aziende del territorio e altri centri di ricerca (Politecnico di Milano, IIT), sono stati realizzati dei prototipi a livello di sviluppo pre-industriale di pannelli DSSC per la copertura delle facciate degli edifici (building-integrated PV, BIPV) (Fig. 4). Il BIPV è un settore emergente nel campo della costruzione e riqualificazione energetica degli edifici, con l'obiettivo di giungere allo sviluppo di costruzioni residenziali ed industriali

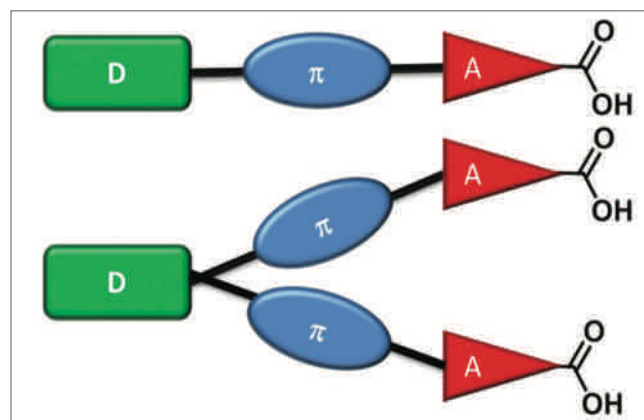


Fig. 3 - Sopra: struttura convenzionale lineare di un fotosensibilizzatore organico; sotto: struttura multiramificata introdotta dal nostro gruppo di ricerca (D = componente elettrone-ricco, A = componente elettrone-povero, Symbol = spaziatore aromatico a base di legami  $\pi$ )

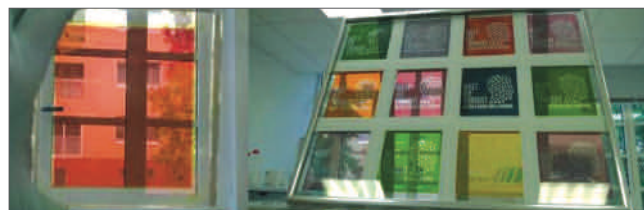


Fig. 4 - Un esempio di cella fotovoltaica trasparente per pannelli BIPV (sinistra) e prototipi di celle DSSC diversamente colorate per studio architettonico di finestre (destra) sviluppati presso il Centro MIB-SOLAR

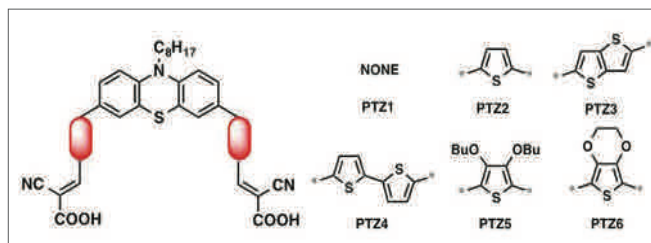


Fig. 5 - Struttura della nuova classe di fenotiazine con spaziatori a base tiofenica studiata per la produzione fotocatalitica di idrogeno

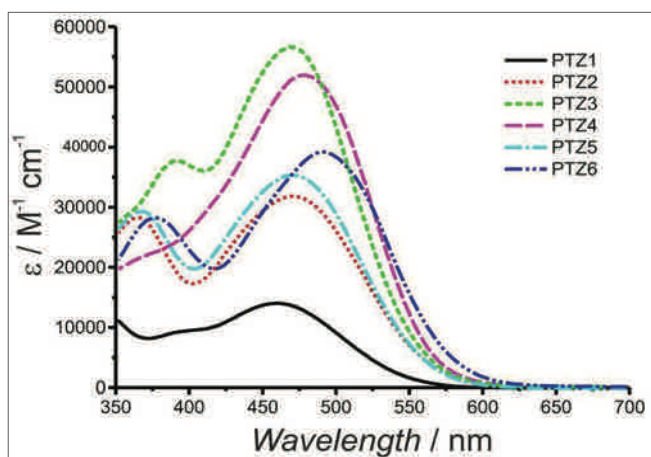


Fig. 6 - Spettri di assorbimento (THF) della nuova classe di fotosensibilizzatori fenotiazinici (PTZ) per la produzione fotocatalitica di idrogeno

autosufficienti dal punto di vista del fabbisogno energetico. La direttiva 2010/31/EU del Parlamento Europeo richiede che tutti i nuovi edifici siano a fabbisogno energetico quasi nullo (nearly zero-energy buildings) entro il 2020 (entro il 2018 per i nuovi edifici pubblici). La tecnologia fotovoltaica risponde alle necessità di utilizzo di energia elettrica, una forma di energia oggi solo parzialmente utilizzata nel settore dei trasporti, tra i quali quello automobilistico. Nel corso degli ultimi anni l'auto elettrica ha visto in effetti importanti progressi. Un'azienda californiana commercializza oggi un modello di lusso con un'autonomia di 400 km. Quasi tutte le case automobilistiche hanno in vendita almeno un modello elettrico, anche se non sempre disponibile in Europa. Un'azienda di car sharing operante a Milano utilizza veicoli con un consumo medio cittadino di 15 kWh/100 km, corrispondente ad un costo di 3 euro contro i 10 euro di benzina. Anche la rete di stazioni di ricarica è in continuo sviluppo e già oggi è in grado di ricaricare quasi completamente l'auto in soli 30 minuti. Non mancano esempi futuristici, come la nave solare MS Türanor PlanetSolar, prima a circumnavigare il globo, e l'aereo solare Solar Impulse 2, che ha coperto lo scorso luglio la distanza tra il Giappone e le isole Hawaii (V. foto di apertura dell'articolo). Tuttavia, pur essendo auspicabile uno spostamento verso una società sempre più "elettrica" [21], nel prossimo futuro il ruolo dei combustibili, che oggi copre il 70% del consumo energetico, sarà ancora predominante [22]. Pertanto l'obiettivo nel breve-medio termine consiste nel produrre combustibili che siano puliti e ottenibili da fonti rinnovabili. La produzione diretta di combustibili dal Sole, dove la radiazione

solare viene convertita nell'energia chimica dei legami nelle molecole, rappresenta la soluzione ideale. Tra i combustibili solari l'idrogeno è certamente il più versatile: non produce impatto ambientale al momento della combustione ad acqua e può essere ottenuto tramite scissione dall'acqua, una fonte inesauribile e pulita. La Natura utilizza la fotosintesi naturale per operare la scissione dell'acqua fotosensibilizzata da coloranti, producendo ossigeno e "equivalenti di riduzione" dell'idrogeno. Il potenziale standard della reazione è 1,23 V. In termini energetici il processo *up-hill* richiede 237 kJ/mol H<sub>2</sub>O, o 2,46 eV, con meccanismi multi-elettronici e multi-atomici termodinamicamente e cineticamente sfavoriti. Le perdite termodinamiche e i sovrapotenziali associati alla cinetica di reazione portano il voltaggio richiesto fino a 1,8-2,0 V, come avviene negli elettrolizzatori.

Per produrre idrogeno da Sole e acqua possono essere sfruttate fondamentalmente due strategie:

- 1) elettrolisi indotta da un sistema fotovoltaico;
- 2) sistema integrato: fotocatalisi o cella fotoelettrochimica (*PEC cell*).

Il primo metodo è relativamente efficiente ma troppo costoso per competere con la produzione di idrogeno da steam reforming del metano (~1 \$/kg). Questa è la ragione per cui i ricercatori si sono concentrati sullo sviluppo di sistemi integrati, focalizzando la ricerca su nuovi materiali per aumentare le efficienze di conversione energetica.

Un approccio strategico per estendere l'assorbimento del sistema fotoattivo alla porzione visibile della radiazione solare consiste nell'uso di coloranti. Anziché manipolare direttamente le proprietà ottiche dei semiconduttori, il colorante agisce come fotosensibilizzatore antenna, con il compito principale di assorbire efficacemente la luce visibile e innescare le rimanenti fasi del processo. In questo modo i vari passaggi, svolti da differenti componenti, possono essere singolarmente ottimizzati. Le conoscenze acquisite nel campo dei fotosensibilizzatori per PV, ad esempio per DSSC, possono essere così efficacemente estese alla produzione di idrogeno.

Nel centro MIB-SOLAR abbiamo recentemente iniziato a studiare la produzione fotocatalitica di idrogeno tramite fotosensibilizzatori ancorati al sistema TiO<sub>2</sub>/Pt. Le più importanti famiglie di molecole sono le stesse utilizzate per DSSC, in particolare complessi di rutenio e sistemi porfirinici o ftalocianinici [23]. Noi abbiamo deciso nuovamente di puntare sui fotosensibilizzatori completamente organici, senza metallo di transizione, allo scopo di sfruttare i vantaggi legati a questa famiglia. Rispetto allo studio sui complessi, la letteratura sui fotosensibilizzatori organici è tuttavia limitata a pochissimi esempi, spesso con efficienze e stabilità mediocri [24].

Qui descriviamo lo studio da noi svolto su derivati fenotiazinici, un nucleo eteroaromatico associato a caratteristiche geometriche e strutturali peculiari. La disposizione a farfalla lungo l'asse S-N minimizza la formazione nociva di aggregati molecolari, responsabili dello spegnimento dello stato eccitato. La fenotiazina contiene inoltre due anelli benzenici simmetrici che possono essere convenientemente sfruttati per sintetizzare derivati multi-ramificati del tipo sopra descritto (Fig. 3). Infine l'atomo di azoto del nucleo centrale è un sito versatile di funzionalizzazione per inserire proprietà aggiuntive, dalla affinità al mezzo acquoso alla coniugazione con molecole bio-ispirate.

In un nostro recente studio, in collaborazione con il gruppo del prof. Fornasiero dell'Università di Trieste, abbiamo variato sistematicamente lo spaziatore  $\pi$  di una famiglia fenotiazinica al fine di modulare le pro-



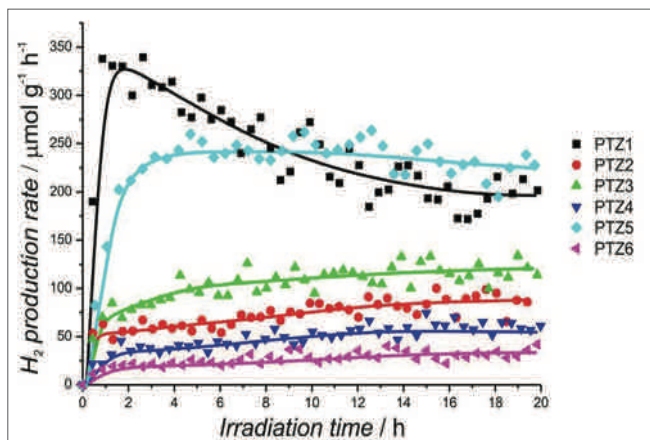


Fig. 7 - Velocità di produzione di idrogeno, sotto irradiazione con luce Vis, per fotocatalizzatori Pt/TiO<sub>2</sub> sensibilizzati con molecole organiche a base fenotiazinica (PTZ)

pietà di raccolta della luce e di stabilità sotto illuminazione (Fig. 5) [25]. In particolare sono stati introdotti diversi spaziatori a base tiofenica, dal semplice anello tiofenico a derivati policiclici e ad anelli recanti sostituenti alcossidici.

L'introduzione di questi spaziatori ha consentito di migliorare in maniera significativa le proprietà ottiche sia in termini di estensione dell'assorbimento verso lunghezze d'onda maggiori sia in termini di assorbività molar, ottenendo coefficienti di estinzioni molar fino a 4 volte superiori rispetto alla molecola di riferimento **PTZ1** (Fig. 6). In associazione con il sistema catalitico Pt/TiO<sub>2</sub> i nuovi coloranti hanno mostrato ottime capacità di produrre idrogeno da soluzione acquosa a pH=7, in presenza di trietanolammina quale agente elettrone-donatore sacrificale, sotto irradiazione con luce visibile per tempi relativamente lunghi di irradiazione (20 h). Sebbene il sistema catalitico sensibilizzato con il riferimento **PTZ1** mostri il più alto tasso iniziale di produzione di H<sub>2</sub>, esso subisce, tuttavia, una progressiva disattivazione sotto irradiazione, comportamento comunemente riportato, benchè finora non chiaramente razionalizzato, per questa classe di coloranti. Al contrario, i nuovi fotocatalizzatori hanno mostrato una migliore stabilità sui tempi lunghi, con prestazioni più efficienti dopo un periodo iniziale di attivazione (Fig. 7). Uno studio di degradazione ha per la prima volta messo in evidenza come l'anomala attività fotocatalitica in presenza del riferimento **PTZ1** sia la chiara conseguenza della forte degradazione del colorante sotto irradiazione (Fig. 8). Al contrario il nuovo colorante a spacer tiofenico **PTZ5** presenta una velocità di produzione di idrogeno costante nel tempo, anche dopo 100 ore di continua irradiazione.

Il nostro gruppo sta ora sviluppando nuove famiglie di fotosensibilizzatori tra cui derivati PTZ con funzioni zuccherine incorporate, che hanno permesso di ottenere un'affinità verso l'acqua non solo migliore dei derivati riportati in Fig. 5, ma anche di molecole recanti comuni funzionalità idrofile, quali le catene polietilenglicoliche. I nuovi derivati del glucosio presentano efficienze raddoppiate rispetto ai coloranti con funzioni convenzionali.

In conclusione, con questo articolo si è voluto mettere in evidenza il ruolo del design molecolare per lo sviluppo di nuovi fotosensibilizzatori organici e per migliorare le prestazioni di dispositivi solari, sia per produzione di elettricità sia per ottenimento di nuovi combustibili. Prenden-

do a prestito un titolo di un lavoro di Thomas J. Meyer sulla produzione di combustibili solari con celle PEC, "let the molecules do the work". Tramite l'ingegnerizzazione molecolare possiamo indurre proprietà specifiche ai coloranti e quindi, dopo incorporazione in dispositivi solari, pervenire ad elevate prestazioni mirate ai fini applicativi, sia in termini di efficienza di conversione energetica sia di stabilità temporale.

In un contesto nazionale dove il finanziamento pubblico è fortemente limitato e la partecipazione industriale alla ricerca di frontiera bassa rispetto alla media EU, con un alto tasso di frammentazione della ricerca italiana e una sostanziale incapacità di "agire come un sistema", l'utilizzo vincente di questi e altri materiali richiede necessariamente sinergia e coordinazione di diversi gruppi di ricerca. I ricercatori italiani sono sempre più chiamati a mettere da parte la propensione a muoversi in solitario, seppur a volte con risultati eccellenti, e puntare a coordinarsi e integrare le forze per fare sistema e raggiungere masse critiche. Solo così la ricerca italiana sarà capace da una parte di creare progresso scientifico e tecnologico di elevata qualità, in grado di colmare con successo la *death valley* tra ricerca e commercializzazione, dall'altra di competere con i più forti network internazionali, dove l'Italia non ricopre posizioni di leadership e talvolta ne è addirittura completamente esclusa. È pertanto fondamentale mettere in campo nuove azioni strategiche, a partire da un rafforzamento dello studio delle scienze e della matematica fin dalla scuola primaria e secondaria, per continuare con coraggiosi investimenti governativi per strutture e personale, un supporto locale e industriale alla ricerca più convinto, la creazione di reti e infrastrutture integrate e coinvolgenti tutti i protagonisti della ricerca pubblica in Italia (università, CNR, enti di ricerca), fino alla formazione di masse critiche coalizzate verso ambiziosi obiettivi condivisi.

Il Gruppo Interdivisionale della Società Chimica Italiana per la Chimica delle Energie Rinnovabili, EnerCHEM, è nato tre anni fa con questo scopo, arrivando a riunire dopo solo un triennio dalla sua creazione un notevole numero di ricercatori italiani impegnati in questo settore e diventando uno dei gruppi interdivisionali più numerosi della SCI.

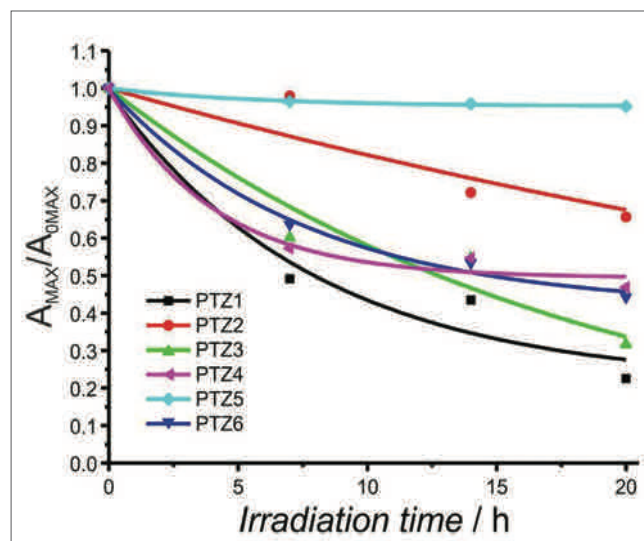


Fig. 8 - Studio di stabilità dei fotosensibilizzatori PTZ sotto irradiazione. Il nuovo colorante **PTZ5** è l'unico stabile in queste condizioni mentre il colorante di riferimento, **PTZ1**, si degrada fortemente (70% di degradazione dopo solo 20 h)

Nel 2016 il Gruppo EnerCHEM vede il suo primo congresso nazionale (18-20 febbraio, Firenze), che ha l'ambizione di diventare un punto di riferimento e incontro per la ricerca chimica italiana nel settore. Ora la sfida di EnerCHEM e di tutte le iniziative nazionali mirate a formare rete è quello di tradurre queste attività in risultati, efficienza e competitività a livello internazionale, per attrarre fondi comunitari ed importanti investimenti industriali.

## BIBLIOGRAFIA

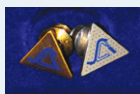
- [1] N. Armaroli, V. Balzani, *Chem. Eur. J.*, 2016, **22**, 32.  
 [2] <http://www.ren21.net/>  
 [3] <http://www.ternareitalia.it/>  
 [4] J.F. Yan, B.R. Saunders, *Rsc Adv.*, 2014, **4**, 43286.  
 [5] S.F. Zhang *et al.*, *Energy Environ. Sci.*, 2013, **6**, 1443.  
 [6] B. O'Regan, M. Grätzel, *Nature*, 1991, **353**, 737.  
 [7] H.J. Snaith, *J. Phys. Chem. Lett.*, 2013, **4**, 3623.  
 [8] Z. Yao *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, 2015, **137**, 3799;  
 K. Kakiage *et al.*, *Chem. Commun.*, 2015.  
 [9] Record mondiale certificato per PSC: 20,1% (EPFL, dicembre 2015); <http://www.dyesol.com>  
 [10] M.A. Green *et al.*, *Prog. Photovoltaics*, 2015, **23**, 1.  
 [11] M. Grätzel, *Nature Mater.*, 2014, **13**, 838.  
 [12] <http://www.dyesol.com/investor-centre/all-asx-announcements/2015-asx-announcements> (8 dicembre 2015).  
 [13] <http://www.mibsolar.mater.unimib.it>  
 [14] A. Abboto *et al.*, *PCT Int. Pat. Appl.* 2014, WO 2014/053626.  
 [15] N. Manfredi *et al.*, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 2014, **52**, 719.  
 [16] E. Dell'Orto *et al.*, *J. Mater. Chem.*, 2012, **22**, 11364;  
 V. Trifiletti *et al.*, *J. Mater. Chem. A*, 2013, **1**, 11665.  
 [17] Per una review vedi: A. Abboto, N. Manfredi, *Dalton Trans.*, 2011, **40**, 12421.  
 [18] A. Abboto *et al.*, *Energy Environ. Sci.*, 2009, **2**, 1094.  
 [19] Per una review vedi: N. Manfredi, B. Cecconi, A. Abboto, *Eur. J. Org. Chem.*, 2014, 7069.  
 [20] V. Leandri *et al.*, *Eur. J. Org. Chem.*, 2013, 6793.  
 [21] N. Armaroli, V. Balzani, *Energy Environ. Sci.*, 2011, **4**, 3193.  
 [22] International Energy Agency, Key World Energy Statistics 2013 (<http://www.iea.org>).  
 [23] J.R. Swierk, T.E. Mallouk, *Chem. Soc. Rev.*, 2013, **42**, 2357.  
 [24] M. Watanabe *et al.*, *J. Mater. Chem. A*, 2014, **2**, 12952; X. Li *et al.*, *ChemSusChem*, 2014, **7**, 2879; J. Lee *et al.*, *Chem. Commun.*, 2012, **48**, 11431; S.-H. Lee *et al.*, *Org. Lett.*, 2009, **12**, 460; R. Abe *et al.*, *Chem. Commun.*, 2009, 3577.  
 [25] B. Cecconi *et al.*, *ChemSusChem*, 2015, **8**, 4216.

### Molecular Design and Devices For Solar Production Electricity And Fuels

After introducing the national and international context we describe the molecular strategies for the construction of materials and devices for last generation photovoltaics and artificial photosynthesis, showing how molecular engineering is a strategic tool to improve the performances of the solar devices.

## VETRINA SCI

**NOVITÀ - Polo SCI** - Polo a manica corta, a tre bottoni, bianca ad effetto perlato, colletto da un lato in tinta, dall'altro lato a contrasto con colori bandiera (visibili solo se alzato), bordo manica dx con fine inserto colore bandiera in contrasto, bordo manica a costine, spacchetti laterali con colore bandiera, cuciture del collo coperte con nastro in jersey colori bandiera, nastro di rinforzo laterale. Logo SCI sul petto. Composizione: piquet 100% cotone; peso: 210 g/mq; misure: S-M-L-XL-XXL; modello: uomo/donna. Costo 25 € comprese spese di spedizione.



**Distintivo SCI** - Le spille in oro ed in argento con il logo della SCI sono ben note a tutti e sono spesso indossate in occasioni ufficiali ma sono molti i Soci che abitualmente portano con orgoglio questo distintivo.

La spilla in oro è disponibile, tramite il nostro distributore autorizzato, a € 40,00.

La spilla in argento, riservata esclusivamente ai Soci, è disponibile con un contributo spese di € 10,00.



**Francobollo IYC 2011** - In occasione dell'Anno Internazionale della Chimica 2011 la SCI ha promosso l'emissione di un francobollo celebrativo emesso il giorno 11 settembre 2011 in occasione dell'apertura dei lavori del XXIV Congresso Nazionale della SCI di Lecce. Il Bollettino Informativo di Poste Italiane relativo a questa emissione è visibile al sito: [www.soc.chim.it/sites/default/files/users/gadmin/vetrina/bollettino\\_illustrativo.pdf](http://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/gadmin/vetrina/bollettino_illustrativo.pdf)

Un kit completo, comprendente il francobollo, il bollettino informativo, una busta affrancata con annullo del primo giorno d'emissione, una cartolina dell'Anno Internazionale della Chimica affrancata con annullo speciale ed altro materiale filatelico ancora, è disponibile, esclusivamente per i Soci, con un contributo spese di 20 euro.



**Foulard e Cravatta** - Solo per i Soci SCI sono stati creati dal setificio Mantero di Como ([www.mantero.com](http://www.mantero.com)) due oggetti esclusivi in seta di grande qualità ed eleganza: un foulard (87x87cm) ed una cravatta. In oltre 100 anni di attività, Mantero seta ha scalato le vette dell'alta moda, producendo foulard e cravatte di altissima qualità, tanto che molte grandi case di moda italiana e straniera affidano a Mantero le proprie realizzazioni in seta.

Sia sulla cravatta che sul foulard è presente un'etichetta che riporta "Mantero Seta per Società Chimica Italiana" a conferma dell'originalità ed esclusività dell'articolo. Foulard e cravatta sono disponibili al prezzo di 50 euro e 30 euro, rispettivamente, tramite il nostro distributore autorizzato.

Per informazioni e ordini telefonare in sede, 06 8549691/8553968, o inviare un messaggio a [simone.fanfoni@soc.chim.it](mailto:simone.fanfoni@soc.chim.it)



# L'EVOLUZIONE DELLE CONTRACT RESEARCH ORGANIZATION (CRO) NELL'INDUSTRIA FARMACEUTICA

Questo articolo discute l'evoluzione dell'industria farmaceutica e l'impatto che la strategia di outsourcing nelle CROs nei Paesi orientali ha avuto e ancora ha sulla produttività della R&S farmaceutica. Il parziale successo di questo approccio e la creazione nei Paesi occidentali di nuove strutture di ricerca, nate a seguito della chiusura dei vari siti di ricerca, stanno attraendo l'interesse delle multinazionali farmaceutiche sempre più alla ricerca di soluzioni per aumentare le probabilità di successo e di trovare prodotti innovativi.



**S**ostenere che la nascita della ricerca farmaceutica può essere ricondotta ai primi anni del 1900, cioè da quando il principio per il quale è possibile modulare l'attività di sistemi biologici analoghi presenti in specie diverse attraverso la loro esposizione a sostanze chimiche, proposto dal medico e chimico tedesco Paul Ehrlich (1854-1915) nel 1913, troverebbe il consenso di molti [1]. Sicuramente oggi questo è un concetto ben consolidato e quasi ovvio nella mente di ognuno di noi, quasi come il fatto che la terra è rotonda, ma così non era quando fu introdotto per la prima volta.

Se è vero che per trovare i natali della moderna ricerca farmaceutica dobbiamo andare indietro nell'Europa di oltre un secolo, il suo passaggio da un'epoca decisamente pionieristica, caratterizzata da importanti successi (per esempio, scoperta della penicillina) ma anche da notevoli insuccessi (per esempio, talidomide), ad un approccio più professionale, può essere stimato in un periodo decisamente più recente, attorno agli anni 1960-70. L'implementazione di un iter più strutturato mirato ad assicurare il rispetto dei diritti dei pazienti assieme alla regolamentazione delle varie fasi della ricerca farmaceutica hanno preso sempre più piede fino a trasformarsi nel processo che conosciamo oggi.

Questa necessaria e dovuta evoluzione ha portato ad un aumento della complessità del processo stesso con un considerevole impatto in termini di costi e tempi per progredire un nuovo farmaco sul mercato. Infatti se nel 1975 il costo medio era di circa 138 m\$ oggi è aumentato di oltre 10 volte, richiedendo un periodo di tempo per completare tutte le fasi, dalla ricerca alla commercializzazione, che si aggira tra i 10 e i 12 anni [2-3].

Un periodo di tempo così lungo ha ovviamente un forte impatto negativo sulla fruibilità dei diritti brevettuali, generalmente di 20 anni, ovvero del tempo a disposizione da parte di chi ha sviluppato il prodotto per avere un ritorno dagli investimenti fatti (Fig. 1). Occorre sottolineare che, a differenza di molti altri settori, nel campo farmaceutico il brevetto che va a coprire la classe chimica a cui appartiene il potenziale nuovo farmaco, viene depositato in una fase molto precoce, addirittura prima dell'inizio della fase preclinica, lasciando quindi un periodo di copertura brevettuale relativamente breve, praticamente la metà. Questo perché il valore intrinseco di un nuovo farmaco sta principalmente nella sua struttura chimica, che ne determina tutte le proprietà biologiche e non nella via sintetica finale per prepararlo o nella formulazione per dosarlo.

Il processo R&S farmaceutico può essere suddiviso in due fasi principali (Fig. 2): la Drug Discovery che ha l'obiettivo di identificare il "Candidate", ovvero il composto con le potenzialità di diventare un farmaco e la successiva fase di Drug Development che si occupa della progressione dello stesso attraverso tutte le fasi precliniche e cliniche sino al suo auspicabile arrivo sul mercato.

Se è vero che l'interazione farmaco-recettore può avvenire in diversi modi (es. agonista, antagonista, interazione allosterica positiva o negativa) è anche vero che l'interazione all'interno dello stesso sito di legame non è prerogativa di una sola classe chimica ma possono essercene molte altre che, a seguito di un'opportuna decorazione, sono in grado esercitare lo stesso effetto biologico sul target.

La differenza tra un "Candidate" che proviene da una serie chimica e un'altra risiede nell'interazione con tutto ciò che non è il target biologico per cui la molecola è stata pensata. In generale queste interazioni secondarie devono essere ridotte al minimo oppure sfruttate per migliorare l'efficacia del composto stesso. Questo in modo semplicistico rappresenta la differenza tra un "Candidate" ed un High Quality "Candidate".



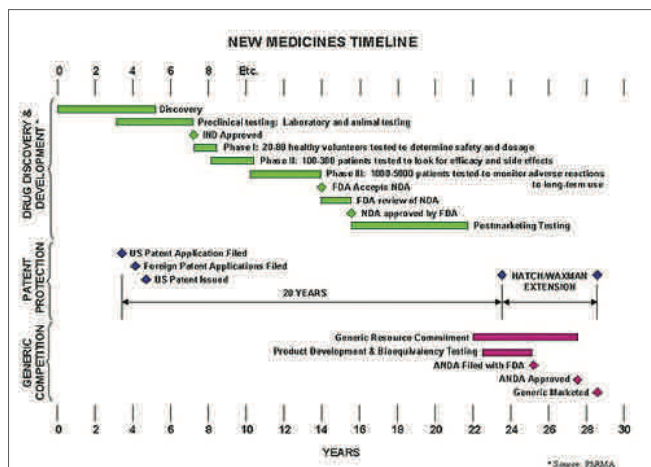


Fig. 1 - Tempistiche per i brevetti farmaceutici

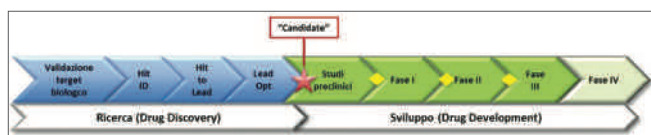


Fig. 2

Appare quindi chiaro che la scelta del “Candidate” da progredire è uno dei momenti più importanti del processo R&S. Il fallimento o il successo del composto nelle varie fasi successive è già intrinsecamente scritto nella struttura chimica del composto stesso senza però che nessuno lo possa prevedere con sicurezza in anticipo questo perché, ammesso sia possibile farlo, non abbiamo ancora sviluppato strumenti adatti o sufficientemente affidabili per poterlo prevedere. Quindi l’unico modo che abbiamo di scoprirlo è di procedere gradualmente attraverso la sperimentazione preclinica e clinica con tutto ciò che ne deriva.

Nel caso il “Candidate” presenti problemi, c’è veramente ben poco che può essere fatto per porvi rimedio; ad esempio, per problemi di formulazione, nella migliore delle ipotesi i tentativi di risolverli porteranno a una lievitazione dei costi e ad una dilatazione dei tempi per il completamento dello studio.

L’attività di R&S farmaceutica è stata sottoposta a più riprese ad attente analisi da parte di esperti del settore per evidenziare quello che oggi viene chiamato “attrition” [4], ovvero il rapporto tra le molecole prodotte rispetto a quelle che superano le varie fasi della ricerca e infine raggiungono il mercato. Queste valutazioni concordano sull’ordine di grandezza ma soprattutto permettono di evidenziare i punti deboli e le criticità del processo, fornendo quindi la base per implementare strategie orientate a migliorare l’“attrition”.

Tra queste strategie vale la pena ricordare i forti investimenti fatti all’inizio degli anni 1990, in particolare nel settore della chimica combinatoriale, che ha dato risultati interessanti ma limitati rispetto alle aspettative. Una scelta strategica reattiva, se non addirittura impulsiva,

per cercare di rispondere nel breve termine all’esigenza di accelerare l’identificazione di nuovi farmaci, dando probabilmente una eccessiva importanza alla sola fattibilità chimica e quindi puntando sull’aumento del numero di composti da testare rispetto alla preparazione di molecole disegnate *ad hoc* per cercare di rispondere a delle ipotesi di lavoro.

Approcci successivi, più mirati a migliorare la qualità delle molecole prodotte e di conseguenza anche dei “Candidate” che possono derivarne, sono stati implementati e in alcuni casi con risultati di assoluto rilievo [5-7].

Per il settore farmaceutico fusioni, acquisizioni, disinvestimenti e riorganizzazioni non sono di certo una novità, basti guardare lo storico di molte aziende per rendersi conto che questo è un *modus operandi* decisamente consolidato e ripetuto nel tempo (Fig. 3). Nonostante tutti questi cambiamenti l’industria farmaceutica si trova ancora oggi ad affrontare sfide importanti:

- 1) controllo della spesa R&S;
- 2) migliorare le probabilità di successo da una fase alla successiva per ridurre “attrition”;
- 3) identificare targets biologici innovativi;
- 4) gestire l’impatto finanziario dovuto alla scadenza di brevetti che coprono composti importanti.

Per motivi storici la stragrande maggioranza delle multinazionali farmaceutiche sono nate e si sono sviluppate principalmente in Europa, Stati Uniti e Giappone; molto più limitati sono gli esempi al di fuori da questi confini geografici. Fino ai primi anni del 1990, praticamente tutti i processi riorganizzativi tra le aziende farmaceutiche, per quanto complessi potessero essere, rimanevano all’interno di queste aree geografiche. Quello che differenzia quest’ultimo ventennio dal periodo precedente e che i processi riorganizzativi hanno cominciato ad assumere una dimensione molto più globale, che vede coinvolti anche altri Paesi, in particolare i Paesi asiatici, alterando le consuete strategie, offrendo prospettive e dinamiche nuove [8].

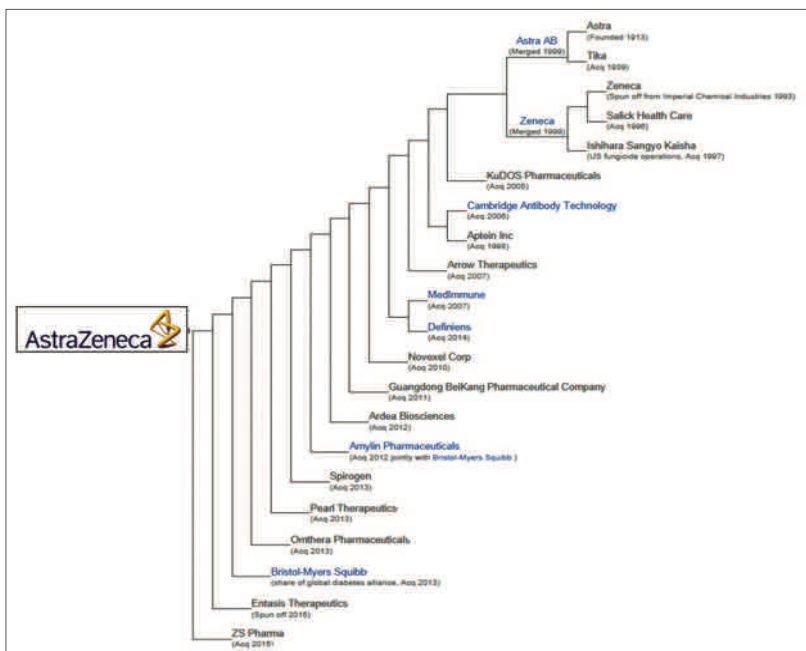


Fig. 3 - L’evoluzione di AstraZeneca



L'ingresso dei Paesi asiatici nel "risiko" farmaceutico non solo rappresenta un potenziale nuovo mercato per le multinazionali farmaceutiche (parliamo di quasi 1,8 miliardi di persone) ma ha messo sul piatto della bilancia una fortissima attrattiva, il basso costo del lavoro rispetto agli altri Paesi, offrendo quindi una potenziale risposta alla necessità di controllare la spesa R&S.

Shasun (India, 1976), DrReddy (India, 1984), Wuxi AppTec (Cina, 2000) e Chempartner (Cina, 2003), solo per menzionarne alcune, sono state tra le prime Contract Research Organisation (CRO) di una certa rilevanza ad offrire servizi di supporto specifici per le aziende farmaceutiche.

Le prime e principali attività esternalizzate in questi Paesi richiedevano l'applicazione di processi, procedure ben definite e standardizzate come quelle che si possono trovare nel Drug Development, produzione e packaging farmaceutico, ovvero attività ad alto contenuto tecnologico e regolatorio offerte a costi molto più contenuti.

Il successo conseguito con questo tipo di modello di business ha rappresentato una forte attrattiva ed ha spinto molte aziende farmaceutiche a rivedere il proprio modello lavorativo orientandolo sempre più verso una maggiore esternalizzazione anche di altre attività, perfino di quelle sensibili, tra cui la Drug Discovery, un'attività ad alto contenuto innovativo dove l'esperienza pregressa gioca un ruolo fondamentale e definisce le basi per l'identificazione dei "Candidates".

Lo spostamento delle attività verso i Paesi asiatici ha influenzato le scelte strategiche di molte compagnie sia nel vecchio continente europeo che negli Stati Uniti. Scelte che hanno portato alla dismissione di aree e/o di siti di ricerca ritenuti non più strategici per l'azienda, immettendo sul mercato del lavoro un notevole numero di ricercatori a vari livelli che, grazie al loro background scientifico e alle capacità imprenditoriali di alcuni di loro, sono entrati a far parte o hanno dato origine a nuovi gruppi di ricerca come CRO, biotech, start-up e anche virtual company principalmente basate nei Paesi d'origine, Europa e Stati Uniti [9]. Anche il mondo universitario è stato coinvolto da questo processo, infatti molti sono anche gli esempi di start-up e virtual companies di successo nate in ambiente universitario.

Molteplici sono anche gli esempi di compagnie puramente virtuali ovevrosia prive di infrastrutture interne per condurre qualunque tipo di sperimentazioni pratica di laboratorio, composte da un numero ristretto di persone con esperienze complementari in ambito farmaceutico. Questi gruppi sono perfettamente in grado di ideare validi ed innovativi progetti di ricerca che per questo ricevono finanziamenti per la gestione del loro portafoglio progetti, utilizzando per la loro realizzazione strutture e risorse esterne come ad esempio quelle presenti nelle CROs.

Nello scenario nel quale ci troviamo oggi possiamo identificare, a grandi linee, due tipologie principali di CROs. CROs nate a seguito della chiusura di importanti centri di ricerca, principalmente basate in Europa e Stati Uniti, che generalmente hanno al loro interno personale altamente qualificato e con pregressa esperienza acquisita nel campo della ricerca farmaceutica. Queste aziende sono in grado di proporsi come interlocutori alla pari con il cliente aiutandolo a fare le scelte più giuste. Un secondo tipo di CROs, che troviamo principalmente in India e Cina, si sono sviluppate con una filosofia decisamente più orientata ad offrire al cliente un puro servizio. Con quale tipologia di CROs lavorare dipende molto dal modo con cui un potenziale cliente, sulla base della propria esperienza, valuta costi vs benefici.

Negli ultimi anni possiamo registrare due fenomeni interessanti che stanno ancora una volta spostando gli equilibri:

1) il ritorno in Europa e Stati Uniti di alcune attività che sembravano ormai essere prerogativa delle CROs dei Paesi asiatici. In molte delle CROs asiatiche, infatti, si registrano alte percentuali di turn-over del personale con potenziali problemi nel trattamento di dati confidenziali. Il basso costo del lavoro in queste aree, sebbene sia ancora una fortissima attrattiva, sembra non bastare a compensare questi problemi/rischi. Il numero è la competitività delle CROs presenti in Europa e Stati Uniti è in aumento e molte di queste hanno dimostrato una capacità di gestire problematiche complesse grazie alla presenza nel suo organico di personale con esperienza guadagnata sul campo in un contesto farmaceutico;

2) le multinazionali farmaceutiche sempre più svuotate di una propria ricerca interna, sono sempre di più alla ricerca di nuovi prodotti e/o progetti in fasi avanzate da valutare per attività di in-licensing.

Infatti, nonostante i finanziamenti a cui biotech, start-up e virtual company possono accedere le multinazionali farmaceutiche rimangono ancora le uniche a disporre dei mezzi economici e network necessari per portare sul mercato nuovi prodotti.

Negli ultimi anni queste nuove realtà di ricerca, start-up, biotech e virtual company, hanno fermentato e sviluppato idee e progetti innovativi che attraggono l'interesse di molte società farmaceutiche permettendo loro di valutare le varie opportunità disponibili al fine di massimizzare le probabilità di successo.

Tutto questo dimostra quanto mutevole sia ancora questo settore; come sarà il mondo farmaceutico tra 5, 10 o 20 anni nessuno lo può prevedere, quello che è certo è che non sarà uguale a quello che conosciamo oggi.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Drews, *Science*, 17 March 2000, **187**, 1960.
- [2] J.A. DiMasi, *et al.*, *N. Engl. J. Med.*, 2015, **372**, 1972.
- [3] K. Smietana, *et al.*, *Nature Reviews Drug Discovery*, Advance Online Publication, 12 June 2015.
- [4] M.J. Waring *et al.*, *Nature Review Drug Discovery*, 2015, **14**, 475.
- [5] S. Braggio, *et al.*, *Expert Opinion on Drug Discovery*, 2010, **5**(7), 609.
- [6] T. Rossi, *et al.*, *Current Opinion in Pharmacology*, 2011, **11**(5), 515.
- [7] D. Montanari, *et al.* *Expert Opinion on Drug Discovery*, 2011, **6**(9), 913.
- [8] K. Lustig *et al.*, *European Pharmaceutical Review*, 2013, **18**(1), 60.
- [9] <http://www.isrreports.com/reports/2015-cro-market-size-projections-2012-2019/>

#### **Contract Research Organization (CRO) Evolution in Pharmaceutical Industry**

This article discusses how the pharmaceutical industry has evolved and the impact that the outsourcing strategy at eastern CROs had and still has on Pharma R&D performance. The debatable results obtained by this strategy and in particular the presence in western countries of new companies, mainly spin-out or spin-off of pharmaceutical industries, are attracting the interest of Big Pharmas who are still struggling for increasing probability of success and to identify innovative products.



# L'evento italiano sulla Cogenerazione

## mcter Cogenerazione

Dopo l'eccezionale successo del 2015, torna a Milano la mostra convegno sulla cogenerazione industriale e civile. Il target di riferimento è composto da progettisti, ingegneri, impiantisti, responsabili tecnici, manager, utilizzatori di energia e calore dall'industria, dal terziario e dai servizi.

Il programma prevede:

- ✓ quattro sessioni plenarie in contemporanea
- ✓ una parte espositiva con più di cento aziende partecipanti
- ✓ workshop, seminari, corsi di formazione
- ✓ coffee-break e buffet offerti dagli sponsor
- ✓ in esclusiva gratuitamente tutti i contenuti in PDF

## 30 giugno 2016

Crowne Plaza Hotel - San Donato Milanese (MI)

In concomitanza con



Sponsored by



Tecnologia per la vita



Supported by



Organizzato da



Partner ufficiale



Registrazione gratuita per gli operatori professionali



17

edizioni di successo



1.000

operatori previsti



+100

aziende rappresentate



4

convegni plenari



+20

workshop



[www.mcter.com/cogenerazione\\_milano](http://www.mcter.com/cogenerazione_milano)





IVANO BATTAGLIA  
 ORDINE DEI CHIMICI INTERPROVINCIALE DELL'EMILIA-ROMAGNA  
 AMMINISTRATORE DELEGATO LABSERVICE ANALYTICA SRL  
 BATIV@LABSERVICE.IT

HTTP://DX.MEDRA.ORG/10.17374/CI.2016.98.2.25



## INNOVAZIONE E SISTEMI PER LA GESTIONE DELL'IMPATTO OLFATTIVO

Odor Prep® è il sistema di campionamento automatico remotizzato delle emissioni odorigene progettato e realizzato in accordo con la normativa UNI EN 13725 Qualità dell'aria Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica (10/2004). Il sistema Odor Prep permette il campionamento delle emissioni odorigene in sacchetti inerti (Nalophan) tramite controllo remotizzato (SMS).

Il sistema OdorPrep consente, in caso di molestie olfattive, il campionamento tempestivo e non presidiato nel momento in cui la molestia olfattiva si presenta, risolvendo la problematica dei campionamenti presidiati, che solitamente si svolgono in ritardo rispetto all'avvenimento stesso.

Grazie a questa semplice ma fondamentale idea, LabService Analytica ha passato la fase 1 di Horizon2020.

Le applicazioni del dispositivo sono molteplici. Gli odori, infatti, oltre a rappresentare un fondamentale indicatore della salubrità dell'aria in un determinato territorio, influenzano profondamente la vivibilità dei luoghi e il benessere psicofisico delle persone.

Il loro riconoscimento come variabile ambientale in grado di determinare la qualità della vita, ha determinato il crescente interesse nei confronti delle emissioni prodotte da alcune attività dell'uomo.

Le attività industriali in cui si possono verificare emissioni di sostanze odorigene sono svariate. Si va dagli impianti di depurazione delle acque, alle discariche, dagli impianti di selezione e trattamento di rifiuti solidi agli impianti di compostaggio, agli inceneritori. E ancora, allevamenti zootecnici, impianti agricoli, raffinerie, industrie alimentari, industrie delle materie plastiche o per la lavorazione del legno, cartiere, solo per citarne alcune. Spesso le due realtà, industriale e urbana, si ritrovano a dover convivere a pochi metri di distanza, incrementando il numero di persone sottoposte alle molestie olfattive. Ecco perché il problema delle emissioni in atmosfera di sostanze odorigene da attività produttive non può essere sottovalutato, anzi, è sempre più spesso causa del malcontento e delle lamentele da parte delle comunità in prossimità delle sorgenti emissive.

Negli ultimi anni, tuttavia, le stesse aziende stanno mostrando un crescente interesse per l'aspetto legato alle prescrizioni e agli adempimenti che devono rispettare in relazione alle indicazioni delle autorità competenti, ma anche (e forse soprattutto) perché hanno compreso l'importanza di adottare comportamenti virtuosi in un'ottica di sostenibilità ambientale.

In questo contesto di interesse la partecipazione al programma europeo costituisce per LabService un'occasione di crescita progettuale e operativa perché la sua struttura di finanziamento in diverse fasi consente all'imprenditore di restare in stretto contatto con la fattibilità del progetto, continuando a svilupparlo ed ampliarlo, e decidendo al termine di ciascuna fase se proseguire in tal senso oppure no. Grazie alla collaborazione con partner europei che operano attivamente nel settore, LabService ha raggiunto il prestigioso traguardo di superare la fase 1, ottenendo il relativo pre-finanziamento in virtù di una proposta progettuale basata sulla semplicità, sulla partecipazione attiva della popolazione che vive direttamente il problema stesso dell'odore, sulla concretezza e fattibilità di realizzazione e diffusione sul mercato. Confidando pienamente nelle potenzialità del progetto, da subito LabService ha cercato di sensibilizzare l'opinione pubblica e le autorità sulla mancanza di uno strumento come Odor Prep al fianco del cittadino e dell'industria stessa; tuttavia per riuscire a proporre tale idea non solo a livello domestico, ma anche nazionale e internazionale, occorreva uno sforzo di industrializzazione e una pianificazione di livello superiore. E grazie all'opportunità offerta da Horizon 2020, LabService muove il primo passo verso lo sviluppo e l'industrializzazione di Odor Prep con la prospettiva di risorse economiche e tecniche mirate ad affrontare il mercato in modo più completo e competente, mentre il territorio nazionale, sempre più sensibile e attento alla problematica, esprime importanti manifestazioni di interesse applicativo e scientifico.

### Innovation and Systems for the Management Odour Impact

Odor Prep® is the remotized automatic sampling system of odorous emissions designed and manufactured according to the UNI EN 13725 Air Quality Determination of odour concentration by dynamic olfactometry (10/2004). The Odor Prep system allows sampling of odour emissions into inert bags (Nalophan) through remotized control (SMS).

# QUALI SCELTE PER IL FUTURO ENERGETICO? IL DILEMMA DEL TRASPORTO

Le previsioni indicano che le emissioni gassose da parte dei mezzi di trasporto possano raggiungere un livello tale da rendere inefficaci i tentativi di imporre limiti ragionevoli alla concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera. Inoltre le diverse caratteristiche dell'inquinamento locale e globale impongono una differenziazione fra i mezzi di trasporto impiegati nei centri abitati e nei larghi percorsi extraurbani. Vengono quindi approfondite alcune opportune iniziative in proposito sia nel settore della ricerca che in quello operativo.

## Una minaccia incombente

Più dell'80% della produzione totale di energia proviene da combustibili fossili e più del 30% di essa viene impiegata nel settore dei trasporti, in particolare a livello terrestre, dal miliardo di autovetture circolanti sul pianeta. Anche se i carburanti offrono elevate prestazioni grazie ai progressi realizzati nella raffinazione, mentre le marmite catalitiche permettono di rimuovere dai gas di combustione buona parte degli inquinanti locali (CO ed NO<sub>x</sub>), lo sviluppo del settore lascia presagire che l'emissione di anidride carbonica potrebbe raggiungere un livello tale da rendere impossibile l'imposizione di ogni limite accettabile alla sua concentrazione nell'atmosfera [1].

Dall'inizio del secolo scorso i modelli delle autovetture si sono avvicinati sino a consolidarne la struttura e le caratteristiche dei motori impiegati. Le attuali autovetture provengono, attraverso diverse iterazioni, da un comune antenato dotato di un motore a combustione interna alimentato nelle sue versioni iniziali da alcool etilico, rapidamente sostituito dagli idrocarburi estratti dal petrolio [2]. L'alleanza fra petrolio e automobile, decollata agli inizi del secolo scorso, si è sviluppata in modo vertiginoso, condizionando profondamente il comportamento umano e dando origine ad una delle maggiori attività produttive esistenti sul pianeta, tetragona quindi a radicali cambiamenti. Tuttavia, anche se l'automobile si presenta come un prodotto maturo, i problemi originati dall'inquinamento atmosferico, sia a livello locale che globale, non possono prescindere da modifiche coinvolgenti non solo le loro caratteristiche, ma anche la natura delle fonti energetiche ed infine la logistica della circolazione urbana e regionale.

Nell'ottobre 2015 si è verificata una crisi nel settore automobilistico, contraddistinta con il significativo acronimo "VW gate", che ha costituito l'oggetto di discussioni il cui tono è riassunto dall'espressione "Dirty secrets of the car industry" che è apparso sulla copertina del fascicolo dell'*Economist* del 26 settembre 2015 (n. 8957), ospitante articoli dedicati a tali problemi. Fra le diverse argomentazioni affiora un'affermazione che apre a ventaglio le problematiche sottostanti: "Volkswagen

*falsification of pollution tests opens the door to a very different car industry".* Ma quale, fra le diverse opzioni che stanno affiorando, sarà l'automobile del futuro?

- l'elettrica?
- quella della Google senza conducente?
- quella della Apple di cui l'*Economist* ci anticipa l'avvento?
- quelle alimentate ad idrogeno?
- quelle con celle a combustibili?
- quelle con alimentazione solare?

Sotto indagine viene comunque messo il motore diesel, originariamente destinato ad impianti di grandi dimensioni e al trasporto navale, ma successivamente adattato alle autovetture valorizzando la possibilità di ottenere più elevati rendimenti e quindi minor consumo di combustibile. A scapito però dell'ambiente su scala locale, osservando: "Diesel vehicle can be very economical on fuel (and thus emit relatively little carbon dioxide but often at the cost of increased NO<sub>x</sub> emissions) generating smog and damaging plants".

## Appello alla termodinamica

Il rendimento  $\eta$  della trasformazione dell'energia termica  $q$  nel lavoro meccanico  $w$  di una macchina che riceve energia a temperatura  $T_1$  e la scarica a temperatura  $T_2$ , può essere valutato mediante la seguente relazione che compendia il primo e il secondo principio della termodinamica [3]:

$$\eta = w/q = [(1 - T_2/T_1)] - T_1(\sigma_{irr}/q)$$

dove  $\sigma_{irr}$  è la velocità di produzione dell'entropia. Se fosse nulla il secondo termine al secondo membro si annullerebbe a sua volta, recuperando così la relazione esprime il teorema di Carnot, impiegato per calcolare il rendimento di una macchina termica operante in condizioni di reversibilità.

Il miglior uso dell'energia viene conseguito aumentando la differenza fra le due temperature in gioco e diminuendo la velocità di generazione di

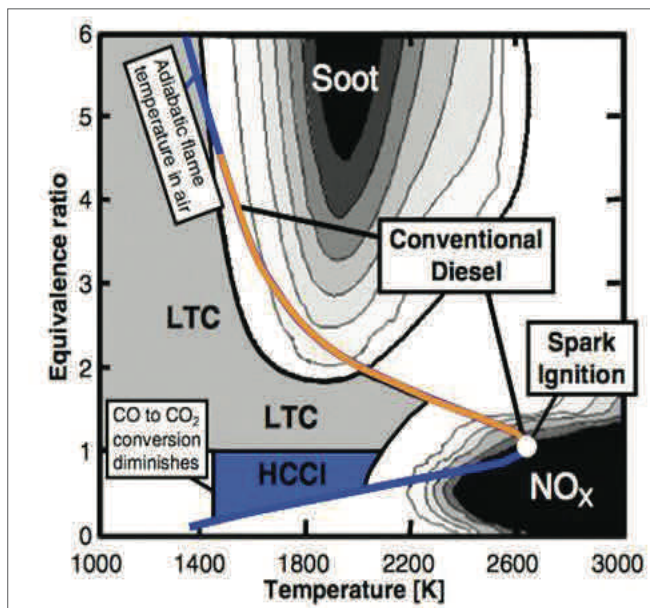


Fig. 1 - Produzione degli inquinanti da parte dei motori a combustione interna. LTC: Low Temperature Combustion, HCCI: Homogeneous Charge Compression Ignition

entropia. La macchina a vapore di Newcomen del 1712 aveva un rendimento uguale a 0,01, quella di Watt del 1764 di 0,1 mentre i motori a combustione interna hanno raggiunto un rendimento dell'ordine dello 0,25-0,30. Valori ragionevoli delle temperature di combustione e dei gas di scarico di un motore a combustione interna ammontano rispettivamente a 2.500 °C e 350 °C, con un corrispondente rendimento di Carnot pari a 0,78, quindi nettamente superiore a quello attualmente realizzato. In realtà questo valore rappresenta il limite superiore del rendimento, che può essere valutato più realisticamente tenendo conto delle velocità dei processi di trasferimento di calore che si svolgono in tempi finiti, mediante la relazione di Curzon-Ahlborn [4] in base alla quale risulta che:

$$\eta = 1 - (T_2/T_1)^{1/2} = 0,53$$

Pur essendo minore del precedente, il rendimento è comunque il doppio di quello che si ottiene dalle attuali autovetture perché risulta severamente penalizzato dalle irreversibilità connesse con la fluido-dinamica, dalla combustione incompleta, dai limiti della resistenza dei materiali ad alte temperature dei gas di combustione e dal valore relativamente elevato della temperatura del fluido freddo scaricato.

I motori attualmente operanti si possono dividere in due categorie: quelli ad accensione, che riportano alla loro invenzione originale, e quelli ad ignizione introdotti successivamente. La descrizione del loro funzionamento mediante la termodinamica si riconduce ai cicli di Otto (1862) e di Diesel (1897). A parità della differenza fra le temperature estreme, il primo ha rese superiori al secondo, il quale può però operare a temperature più alte e quindi raggiungere rese più elevate del 20% circa. Pertanto il motore diesel appare privilegiato per quanto concerne il consumo di combustibile, ma la temperatura più elevata favorisce la formazione di composti inquinanti localmente, incluse le polveri carboniose, dovuti alla presenza di reazioni secondarie nella combustione, oltre agli ossidi

di azoto  $\text{NO}_x$ . Le condizioni operative corrispondenti alla loro generazione sono illustrate nella Fig. 1 dove appare anche la curva virtuosa HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) che si riferisce ad un motore ideale in grado di operare a temperature relativamente basse grazie alla presenza di un elevato mescolamento dei gas di combustione.

In sostanza se si vuole realizzare una riduzione del consumo di carburante si devono impiegare motori con migliori prestazioni, materiali innovativi per ridurre il peso della vettura ed un design in virtù del quale l'autovettura presenti minori resistenze aerodinamiche. Un'indagine intesa ad approfondire tali condizioni ha messo in evidenza che lo scopo può essere perseguito solo attraverso un aumento dei costi delle autovetture, come viene illustrato nel diagramma di Fig. 2. Risulta che esiste spazio per migliorare le prestazioni dei motori grazie anche ai risultati conseguiti, o in corso di sviluppo, nel settore della termo-fluidodinamica, che fruiscono della modellazione matematica e del calcolo elettronico, grazie ai quali si può affrontare realisticamente i problemi connessi con l'influenza sul rendimento dei motori della dissipazione irreversibile di energia nelle miscele fluide in moto turbolento soggette a trasformazioni chimiche [5].

Un esempio ci viene offerto dal settore aeronautico, nel quale si prevede di poter raggiungere una significativa diminuzione del combustibile, e quindi un'altrettanto significativa diminuzione degli inquinanti prodotti, se si impiega un elevato rapporto di bypass nei motori del tipo *turbofan*. Si presume che l'obiettivo venga raggiunto attraverso una migliore comprensione delle instabilità presenti nel moto turbolento, grazie all'avanzamento dei metodi di calcolo e dei modelli della turbolenza, fra i quali riveste particolare importanza quello indicato con l'acronimo LES (Large Eddy Simulation). Si presume che tale obiettivo venga raggiunto nel giro di qualche anno, coerentemente con l'evoluzione delle capacità di calcolo, come illustrato nella Fig. 3 [6].

In sostanza, anche se i mezzi di trasporto circolanti nel mondo hanno raggiunto un certo livello di maturità esistono ancora interessanti prospettive per il miglioramento delle rese dei motori termici e dei *turbojet* per aerei, anche se le modifiche contemplate comportano un aumento di costo dei veicoli stessi.

Ovviamente i motori a combustione interna possono essere alimentati con idrogeno, con opportune modifiche poiché la sua gestione va esercitata con cura. Questo approccio presenta interesse per quanto

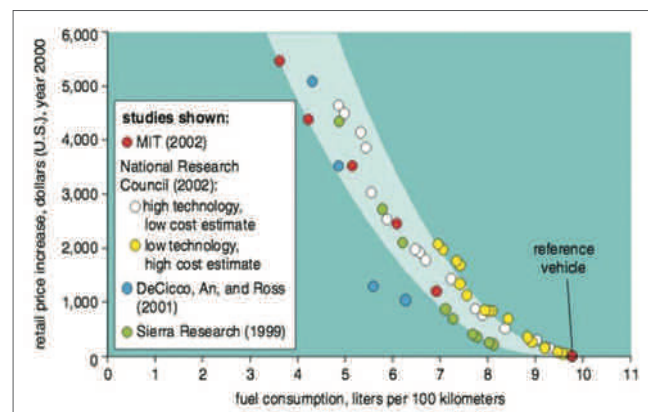


Fig. 2 - Valutazione da parte di diverse fonti dell'aumento del costo di una autovettura al diminuire del consumo di combustibile (da [1])



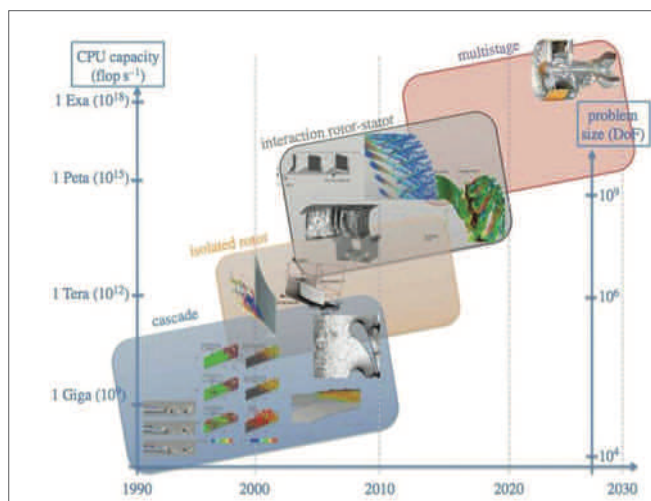


Fig. 3 - Evoluzione nel tempo del miglioramento nella progettazione degli aerei con motore turbofan in connessione con il previsto aumento delle capacità di calcolo (da [4])

concerne l'inquinamento locale poiché non vengono prodotte polveri sottili carboniose, mentre sul piano globale la sua affermazione dipende dall'economia dell'idrogeno poiché attualmente viene prodotto a basso costo mediante reforming del metano unitamente all'anidride carbonica.

### Nuove prospettive

L'intreccio fra i problemi concernenti l'utilizzo dell'energia e la tutela dell'ambiente, pur avendo risvegliato la convinzione emotiva di dover agire con urgenza, ha nel contempo fatto affiorare la consapevolezza che la loro complessità rende difficile l'individuazione di percorsi privi di contraddizioni. In questo quadro risulta di interesse un'indagine sulle misure richieste per ridurre l'impiego dei combustibili fossili del 20% entro il 2050, prendendo come riferimento la California [7]. I risultati ottenuti (Fig. 4) mettono in evidenza che per raggiungere l'obiettivo è necessario effettuare una profonda revisione dell'impiego dell'energia, includendo:

- un significativo miglioramento dell'efficienza dei processi coinvolti nella produzione e gestione dell'energia;
- un esteso impiego delle energie "carbon free";
- un'estesa elettrificazione dei trasporti.

Per quanto concerne l'ultimo punto emerge la necessità di aumentare l'impiego dell'energia elettrica ottenuta da sorgenti "carbon free", inclusa la nucleare che probabilmente avrà un rilancio, unitamente alla solare attraverso il processo fotovoltaico che in questi ultimi anni ha avuto un significativo sviluppo, ma comunque non tale da superare l'1% dell'energia totale prodotta nel mondo.

Le caratteristiche del processo fotovoltaico sono state profondamente investigate dal punto di vista teorico con lo scopo di individuare quali fattori chimico-fisici ne influenzino il rendimento, analogamente a quanto fatto da Carnot per le macchine termiche. In un importante lavoro [8] è stato messo in evidenza che impiegando materiali semiconduttori nei quali è presente una sola giunzione (ad esempio silicio drogato positivamente e negativamente) si raggiunge al massimo un rendimento teorico del 32%. Può essere superato impiegando celle con giunzioni multiple o nelle quali siano presenti quantum dots, quindi più costose.

Per questa ragione nella produzione dei pannelli fotovoltaici predomina l'utilizzo del silicio che ha rendimenti dell'ordine del 12%, ma che in virtù del basso costo e della sua stabilità domina il mercato (93%). Sono in corso molte ricerche con risultati di indiscutibile interesse, ma non tali da scalzare il silicio. La curva di apprendimento prevede che entro il 2023 il costo dell'energia elettrica ottenuta mediante i pannelli fotovoltaici risulterà competitivo con quella prodotta da combustibili fossili. Tuttavia il suo esteso impiego è penalizzato dalla periodicità operativa, poiché i pannelli fotovoltaici mediamente operano per circa 7 ore giornaliere, con fluttuazioni dovute alle condizioni atmosferiche, mentre l'energia deve essere prodotta in modo continuo, in ogni luogo e alla potenza desiderata. Questi fatti ne escludono l'impiego nel trasporto, per cui gli esemplari di automobili alimentate da celle fotovoltaiche sino ad ora costruite sono destinate a rimanere una curiosità.

### Propulsione elettrica

Le strategie sulla limitazione dei gas serra pongono l'accento sulla transizione verso una maggiore fruizione dell'energia elettrica; questo fatto richiede infrastrutture che facilitino la ricarica, oltre al miglioramento della tecnologia e alla diminuzione del costo delle batterie elettriche. Oltre ovviamente all'impiego di fonti a basso tenore di carbonio (nucleare, solare, eolico).

L'uso di auto elettriche costituisce un ottimo approccio per diminuire l'inquinamento locale che minaccia i centri abitati, ma non è ancora decollato per le difficoltà che si incontrano nell'immagazzinamento dell'energia elettrica. Pertanto viene richiesta una nuova generazione di batterie perché quelle tradizionali sono costose e poco efficienti, per quanto riguarda l'energia immagazzinata per unità di peso. È stato osservato che l'individuazione di una buona batteria è simile alla ricerca di un ago nel pagliaio costituito da tutti i materiali possibili. In questo quadro sono emerse le batterie a base di nichel (NiMH) contraddistinte con l'acronimo ZEBRA (*Zero Emission Battery Research Activities*) il cui scopo è l'aumento della densità di energia accumulata.

Le indagini in corso, generosamente finanziate, sono volte all'impiego di materiali contenenti ioni litio, che, in virtù della loro mobilità, presentano eccellenti prestazioni nelle applicazioni ai dispositivi elettronici, in particolare i calcolatori portatili, ma richiedono un non semplice passaggio di scala per poter essere applicati con profitto e senza difficoltà sulle autoveature. Lo stato attuale è riassunto nel diagramma della Fig. 5 [9], mentre nella Fig. 6 vengono riportate le previsioni relative all'impiego specifico delle

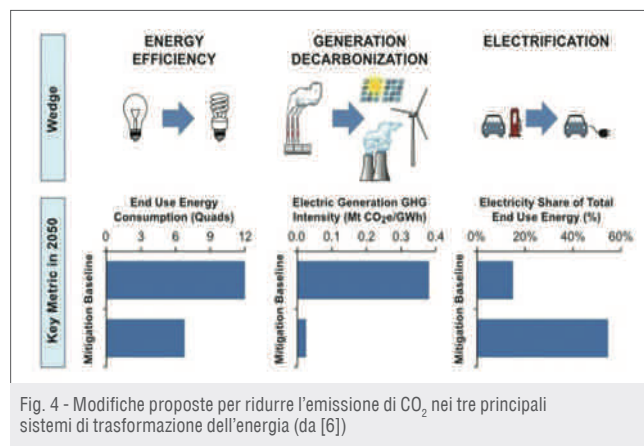


Fig. 4 - Modifiche proposte per ridurre l'emissione di CO<sub>2</sub> nei tre principali sistemi di trasformazione dell'energia (da [6])

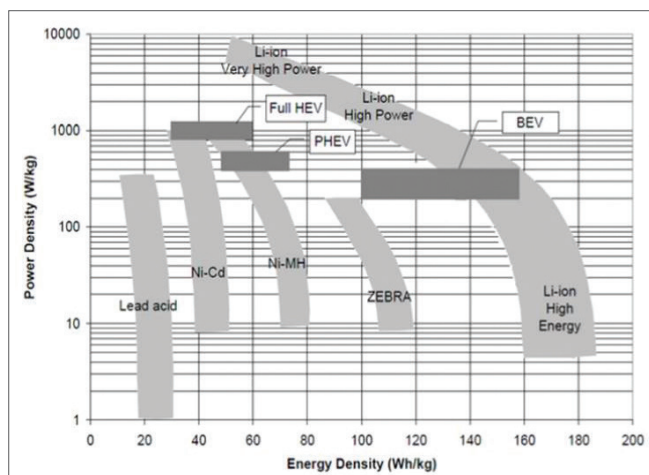


Fig. 5 - Confronto fra i valori delle densità di energia caricabili su diversi tipi di batterie (da [8]): Full HEV = Hybrid Electric Vehicle; PHEV = Pure Hybrid Electric Vehicle; BEV = Battery Electric Vehicle

batterie al litio. Ambiziosi progetti di sviluppo riguardano in particolare la società Tesla che promette di mettere sul mercato, entro il 2020, mezzo milione di vetture alimentate con batterie al litio.

### Biocarburanti

Dopo una prima fase che si è protratta fino al 2007, basata sulla fermentazione delle colture zuccherine (canna, mais, frumento), si è preso atto che l'intensificazione dell'impiego dei biocarburanti rischiava di compromettere la produzione di cibo, per cui a partire da tale anno è subentrata una seconda fase che fa impiego di raccolti dedicati all'energia, con particolare attenzione verso le masse cellulose.

La situazione richiede però un approfondimento dei fattori che influiscono sull'efficienza dei processi fotosintetici che stanno all'origine della produzione delle biomasse stesse. L'energia dei fotoni solari che vengono assorbiti nella fase *light* del processo dalla membrana tilacoide presente sulle foglie, viene impiegata per produrre adenosintrifosfato ATP che interviene quale vettore energetico nella successiva fase *dark* in cui vengono sintetizzati i carboidrati, i quali sono alla base delle attività dell'uomo (Fig. 7).

In questo quadro il processo fotosintetico può essere assimilato ad una macchina termica [10]. Il suo rendimento, espresso dalla frazione di energia di ciascun fotone assorbito, avente frequenza  $\nu_0$ , che non viene dissipata ma viene invece impiegata per produrre carboidrati, può essere espresso come segue:

$$\eta \approx [(1-T_2/T_1)] - (k_B T_2/h\nu_0) \ln[1/(1-\phi)]$$

essendo  $k_B$  la costante di Boltzmann.

Il primo termine al secondo membro esprime la resa di Carnot, prossima all'unità poiché la temperatura della sorgente calda è quella della superficie solare che ammonta a circa 6.000 K, mentre quella della sorgente fredda è dell'ordine di 300 K. Il secondo termine esprime l'influenza della irreversibilità delle trasformazioni chimiche in gioco che aumentano al crescere della resa quantica  $\phi$ , poiché con essa aumenta la loro velocità. In sostanza, paradossalmente, la resa globale della foto-

sintesi viene penalizzata dall'efficienza nell'assorbimento dei fotoni, che, in base alle recenti ricerche nel settore della *Quantum Biology* [11], risulta molto elevata, convalidando il fatto che globalmente il rendimento del processo risulta dell'ordine di qualche per cento.

Il fatto precedente, anche se mette in evidenza che la fotosintesi costituisce una mediocre macchina termica, non penalizza la produzione planetaria di biomassa per la quale è sufficiente la fruizione di una piccola parte (90 TW) del flusso di energia libera che proviene sulla terra dal sole (100.000 TW). Tuttavia mette in discussione l'utilità di tecnologie che costituiscono un ibrido fra la natura e l'industria, come la fotosintesi artificiale. Confermando che per sfruttare l'energia solare è opportuno cogliere i vantaggi della fotosintesi attraverso la produzione di biocarburanti.

In questo quadro appaiono viceversa di grande interesse le ricerche e gli sviluppi delle biotecnologie intesi ad impiegare batteri ingegnerizzati i cui circuiti metabolici vengono geneticamente modificati in modo da orientare la loro attività verso la produzione di biocarburanti [12]. Poiché i combustibili fossili sono il prodotto delle trasformazioni di sostanze organiche sepolte nel terreno, avvenute in centinaia di milioni di anni per l'azione di batteri, diventa quanto mai allettante raggiungere tale obiettivo modificando alcuni batteri esistenti.

Poiché i risultati ottenuti si stanno rivelando soddisfacenti, l'ingegneria metabolica, che costituisce un particolare aspetto della biologia sintetica, sta aprendo una prospettiva rivoluzionaria non solo per l'energia, ma per l'intera chimica. Tanto da lasciar presagire che possa risultare il più significativo approccio per agevolare la transizione verso un'era post petrolifera.

### Conclusioni

L'analisi precedente conferma che il problema dell'inquinamento dovuto al trasporto presenta aspetti diversificati, se non contrastanti, per quanto concerne l'inquinamento globale, volto sostanzialmente alla diminuzione della CO<sub>2</sub> emessa, e quello locale che tende a diminuire se non ad annullare le emissioni di sostanza nociva per gli organismi, evidenziando l'opportunità di accentuare la distinzione fra i mezzi di trasporto impiegati in centri urbani (con motori elettrici, ibridi, ad idrogeno ed eventualmente a celle a combustibile) da quelli impiegati su lunghi percorsi extraurbani, per i quali continuerà a prevalere l'impiego di motori a combustione interna alimentati da idrocarburi.

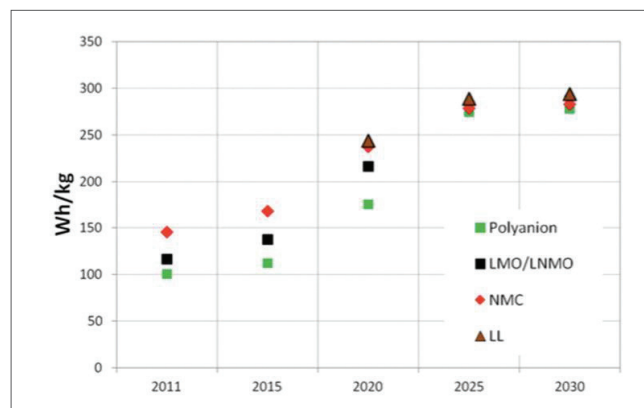


Fig. 6 - Previsioni dell'evoluzione della densità di energia caricabile su batterie al litio (da [8])

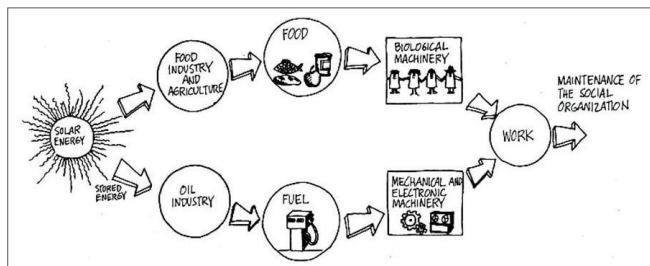


Fig. 7 - Rilevanza della fotosintesi in tutte le attività riguardanti dall'uomo e svolte dall'uomo

Comunque ogni ragionevole azione intesa a diminuire i danni sull'ambiente dovuti al trasporto non può fare a meno di promuovere iniziative di ricerca e sviluppo nei seguenti settori:

- termodinamica e fluido dinamica, per una rinnovata progettazione dei mezzi di trasporto basati su motori termici;
- scienza dei materiali ed elettrochimica, per la realizzazione di batterie innovative rispetto a quelle attualmente disponibili;
- biologia sintetica, per l'individuazione di sistemi batterici geneticamente modificati, in grado di orientare le sintesi chimiche industriali verso la produzione di biocarburanti di terza generazione.

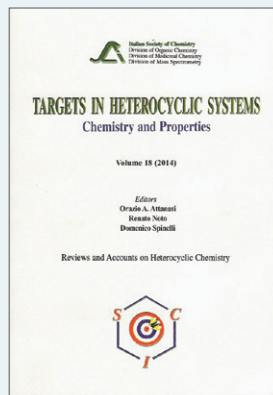
Nel contempo è richiesto un intervento in grado di introdurre un salto di qualità nell'efficienza energetica in generale dei processi produttivi industriali e nello sviluppo delle infrastrutture richieste per un'allargata transizione verso l'elettrificazione. Fallimenti in queste direzioni si dovranno attribuire solo ai politici.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Schafer *et al.*, *American Scientist*, 2009, **97**, 479.
- [2] S. Carrà, *Ricerca scientifica e tecnologia, L'incerta alleanza*, Il Mulino, Bologna, 2013.
- [3] S. Carrà, *Il percorso dello sviluppo: il ruolo costruttivo dell'energia*, Fondazione Mattei, 2013.
- [4] F.L. Curzon, B. Ahlborn, *Am. J. Phys.*, 1975, **43**, 22.
- [5] M. Safari *et al.*, *Entropy*, 2014, **16**, 5159.
- [6] N. Gourdain *et al.*, *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2014, **372**, 20130323.
- [7] J.H. Williams *et al.*, *Science*, 2012, **335**, 53.
- [8] W. Shockley, H.J. Queisser, *J. of Applied Physics*, 1961, **32**, 510.
- [9] Element Energy Limited, Cambridge CB1 2JD, Cost and performance of EV batteries, 2012.
- [10] T. Markvart, *Phys. Stat. Sol. (a)*, 2008, **205**(12), 2752.
- [11] Y.C. Cheng, G.R. Fleming, *Ann. Rev. Phys. Chem.*, 2009, **60**, 241.
- [12] O.H. Carlson, *Biology is Technology*, Harvard University Press, 2010.

#### Choices on the Future of Energy: the Transportation Dilemma

Forecasts suggest that the gaseous emissions from the means of transport could reach a level such as to render ineffective any attempt to impose reasonable limits on the concentration of carbon dioxide in the atmosphere. Moreover, the different characteristics of local and global pollution impose a sharp differentiation between the vehicles used in residential areas and in the wide open roads. Some appropriate actions are deepened.



#### Targets in Heterocyclic Systems

Vol. 18

È disponibile il 18° volume della serie "Targets in Heterocyclic Systems", a cura di Orazio A. Attanasi, Renato Noto e Domenico Spinelli.

Sono disponibili anche i volumi 1-17 della serie.

I seguenti volumi sono a disposizione dei Soci gratuitamente, è richiesto soltanto un contributo spese di € 10:

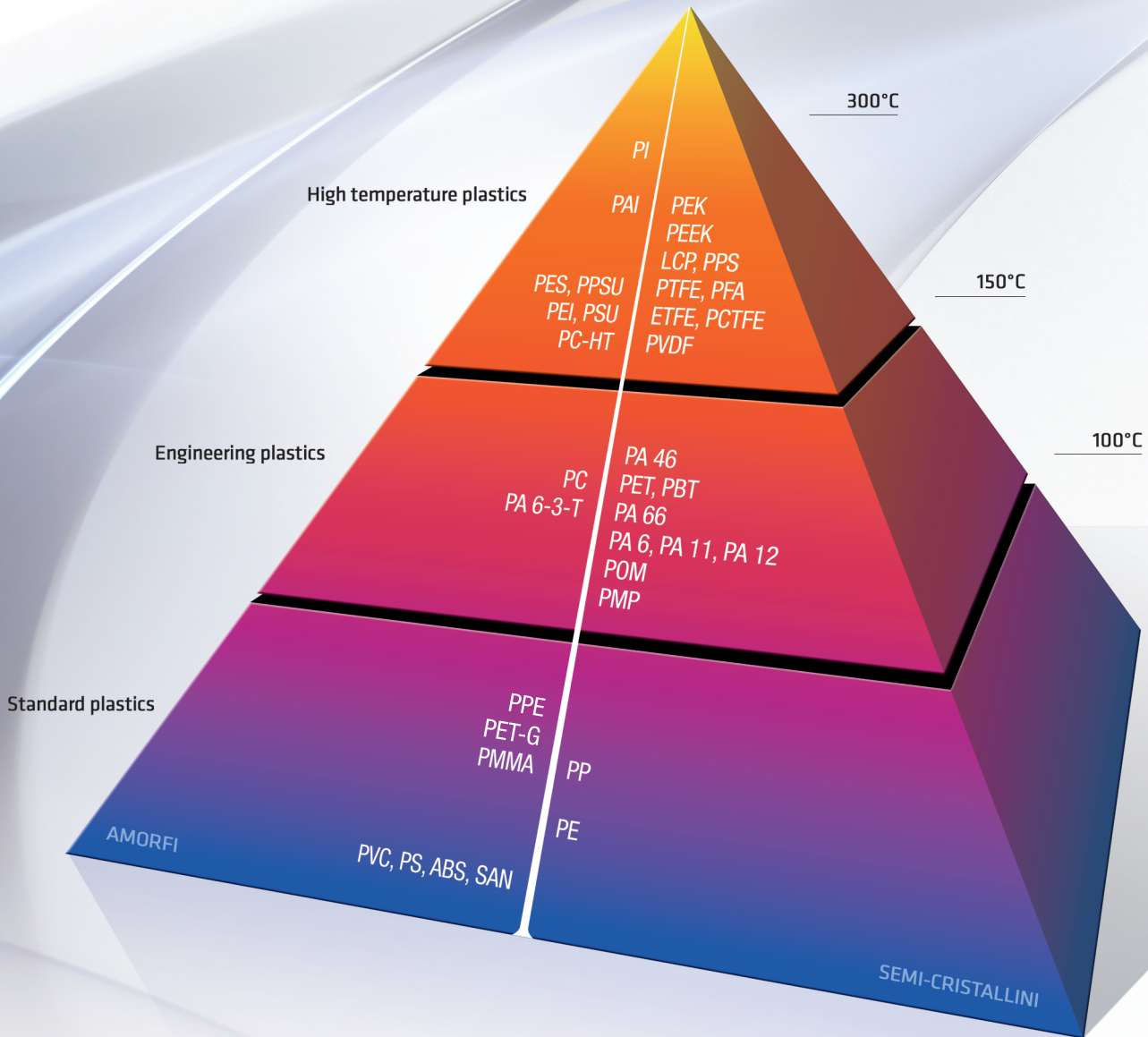
- G. Scorrano "La Storia della SCI", Edises, Napoli, 2009 (pp. 195)
- G. Scorrano "Chimica un racconto dai manifesti", Canova Edizioni, Treviso, 2009 (pp. 180)
- AA.VV. CnS "La Storia della Chimica" numero speciale, Edizioni SCI, Roma 2007 (pp. 151)
- AA.VV. "Innovazione chimica per l'applicazione del REACH" Edizioni SCI, Milano, 2009 (pp. 64)

Oltre "La Chimica e l'Industria", organo ufficiale della Società Chimica Italiana, e "CnS - La Chimica nella Scuola", organo ufficiale della Divisione di Didattica della SCI ([www.soc.chim.it/riviste/cns/catalogo](http://www.soc.chim.it/riviste/cns/catalogo)), rilevante è la pubblicazione, congiuntamente ad altre Società Chimiche Europee, di riviste scientifiche di alto livello internazionale:








- ChemPubSoc Europe Journal
- Chemistry A European Journal
- EURJOC
- EURJIC
- ChemBioChem
- ChemMedChem
- ChemSusChem
- Chemistry Open
- ChemPubSoc Europe Sister Journals
- Chemistry An Asian Journal
- Asian Journal of Organic Chemistry
- Angewandte Chemie
- Analytical & Bioanalytical Chemistry
- PCCP, Physical Chemistry Chemical Physics

**Per informazioni e ordini telefonare in sede, 06 8549691/8553968, o inviare un messaggio a [manuela.mostacci@soc.chim.it](mailto:manuela.mostacci@soc.chim.it)**





## TECA®: semilavorati plastici ad alte prestazioni

	TECASINT®		TECANAT®		TECAFINE®
	TECAPEEK®		TECAPET®		CLEAR PET-G
	TECAFLON®		TECAST®		CLEAR PMMA
	TECAPEI®		TECAMID®		TECANYL®
	TECASON®		TECAFORM®		TECARAN®
			CLEAR PC		TECALIT®

# THE NEW SCENARIO FOR SUSTAINABLE CHEMICAL AND ENERGY PRODUCTION: OPPORTUNITIES FOR RESEARCH AND INNOVATION

A glimpse of the possible future for chemical and energy vectors production, evidencing the change in the energy-chemistry nexus, refinery and chemical production, and priority targets, is presented. The aspects shortly discussed are the following: i) the energy-chemistry nexus, ii) moving to a new sustainable energy scenario, iii) energy storage: from smart grids to chemical storage of energy, iv) a new vision for refineries, v) CO<sub>2</sub>: a key carbon source element, vi) methanol: at the crossover of new energy-chemistry nexus, vii) exploiting shale-gas, viii) biogas-based chemistry and ix) solar-driven chemistry.



**T**he production of chemical and energy vectors in Europe and worldwide is rapidly changing to address the increasing competitiveness and the societal challenges as well as the increasing endeavour for a clear and sustainable future. Traditional raw materials have to be substituted with more sustainable resources, new safer and intensified processes have to be developed, new production concepts should be implemented to couple high efficiency and flexible production, and new ways to use energy in chemical transformations have to be realised. There is thus an evolving scenario to move to a new economic cycle. Many economic in-

dicators confirm the reality of this transition and it is therefore critical to intensify research and development to enable it and deal with the energy-chemistry nexus [1].

To understand better this change and the opportunities for research and innovation, it is necessary to analyse some of the major aspects which may be identified to dominate the future production of chemicals and energy vectors landscape. The focus is on the role of catalysis in this future scenario for the pivotal role of catalysis to enable sustainability of chemical and energy vector production [2, 3].

## The energy-chemistry nexus

Energy and chemistry are at the core of our current society, but the nexus between them is evolving in parallel to the changing scenario for a sustainable energy and chemistry [4, 5]. New technologies, focused on the use of renewable resources and energy, are emerging and will constitute the backbone of the future economic cycle, even if fossil fuels are and will be still for at least the next two-three decades available at relatively low costs. However, it is the push to innovation and competitiveness, combined with other driving factors (socio-environmental motivations, greenhouse gas - GHG - reduction, resource security and related motivations, creating new value chains and other aspects) that will determine the change. Enabling the transition requires inserting the new technologies/processes within the current economic and productive infrastructure, in order to reduce the investments that otherwise would be too large. In a longer term, this transition will change the current energy-chemistry nexus. *Defining a path to future* requires thus to identify the elements driving the change, but at the same time to determine the conditions making possible their realisation and the transition to the future.



A *closer integration between energy and chemistry* is needed in many areas, to develop for example, new effective models of biorefineries [6, 7]. It is necessary to overcome through chemistry the use of energy mainly as thermal energy, including in chemical processes, with related thermodynamic limitations, and exploit instead potentially more efficient routes such as the *direct use of electrons and photons*.

In other words, it should be realised an energy intensification to parallel the better known concept of process intensification. A larger integration of solar energy within the energy-chemistry value chain going beyond the exclusive use of photovoltaic cells is a compulsory step, requiring the development of *new advanced materials for energy*. However, extending the use to other renewable energy (RE) sources is another relevant element, whose implementation also requires often chemistry-based solutions, for example to store and transport to long distance RE through suitable chemical energy vectors.

An effective transition to a sustainable energy and chemistry future requires *extending also the use of alternative fossil fuels*, creating the new chemistry and processes for their clean utilisation [5]. The future of chemistry will be likely based on an extended use of new raw materials going beyond the current oil-centric vision. These and other aspects are changing the energy-chemistry nexus and the future of sustainable energy and chemical production.

### Moving to a new sustainable energy scenario

In order to progress towards a sustainable energy production and use, it is imperative to increase progressively the use of renewable (regenerative) energy (solar, wind, hydro, etc.), and in the transitory to increase the smarter use of biomass (e.g. use of biomass in more eco-efficient processes than simple combustion). In fact, on a LCA (Life Cycle Analysis) basis, electrical energy generated from coal has an estimated impact about twice (in terms of grams of CO<sub>2</sub> equivalent per kWh) than that of natural gas (but value for shale gas is higher), while RE sources (biomass, wind, solar photovoltaic - PV, hydro, etc.) have on the average an impact ten times lower than that of coal. The impact of extra-heavy crude, tar sands, shale oil is similar to coal, in some cases even worse on a LCA basis. When using RE, there is also a proportional decrease in the emissions of pollutants such as NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>, and particulate matter as well. There is the need of moving to a new vision of production and use of energy, to contrast the natural trend in the expansion of demand related to the increasing population accessing to a large fruition of energy itself.

The actual limit in advanced countries to the further expansion in the production and use of RE is the *transition to a smart grid system*. In fact, RE sources such as wind and solar produce electrical energy in a discontinuous and fluctuating way (over the day and the year), which matches only in part the fluctuating energy demand. This causes destabilisation of the electric grids with potential blackouts, weakening voltage and damage to industrial equipment. Today a significant fraction of the potential RE (by wind, in particular) is lost because cannot be introduced and stored in the grid. The use of biomass and non-conventional fossil fuels plays a relevant role to guarantee a smooth transition to the new energy system. However, in a long term perspective it is necessary to enable a system to trade, distribute and store RE on a world scale, as currently occurs with oil and derivate energy vectors. This objective cannot be reached even with long distance smart grids, but can be realised by chemical energy storage, particularly in the form of liquid fuels. The *chemical storage of*

*energy* (in the form of liquid fuels) will remain a technology outperforming the energy density in batteries, though the latter have a different function and role, and thus both are unavoidable components (together with other devices for energy conversion and use) of the new sustainable energy scenario [4].

### Energy storage: from smart grids to chemical storage of energy

Energy needs to be stored to match demand. Smart grids use a combination of different devices and regulatory tools to meet this goal requiring to create a hierarchy of storage solutions which are different in terms of energy storage capacity and time. Smart grids are a necessary step for the future energy infrastructure and will be the backbone of the future decarbonised power system.

Energy storage devices are the key element, which allow the implementation of this vision [8]. Conversion of electrical to chemical energy realises a better and more efficient transport at long distance, and the storage of energy for rather long times. In terms of smart grid, this solution enables also to import (and trade on world scale) the RE produced in remote areas. In fact, the transition to a new sustainable energy system requires to implement an energy system at least equivalent in functionality to that actually present. The world scale implementation of a sustainable energy system based on RE demands to develop RE vectors equivalent to those actually in use, e.g. with high energy density, relatively safe in use, easy to transport and store.

Converting electrical to chemical energy by producing suitable energy vectors allows a more flexible use of energy in different applications (transport, residential, industry, etc.). Suitable energy vectors can be used also as base raw materials for the chemistry sector enabling a new low-carbon economy. Within the next two decades, about 10 PWh/y of additional RE could be exploited by enabling an effective route for electrical to chemical energy conversion to store and transport RE, and by integrating this possibility into an extended smart grid [9].

### A new vision for refineries

The future scenario will be based on the progressive substitution of fossil fuel-derived products, both as raw materials and energy vectors. In part, this replacement will stem directly from biomass-products, but with constraints related to the cost and complexity of their transformation, which likely will limit to only few platform products derived from biomass their large-scale use as biofuels. In the *energy area*, it may be suggested [10] (even if different opinions exist on this topic) that the transition to a more sustainable and low-carbon future will be driven mainly from:

- i. the reduced use of energy vectors deriving from fossil fuels
- ii. the use of biofuels
- iii. the integration of solar fuels in energy vectors production
- iv. the progressive introduction of 3<sup>rd</sup> generation fuels,  
for example deriving from algae processing.

Regarding the use of biofuels, there are still contrasting ideas, but the cost and complexity of transforming bio-feedstocks not in competition with food and their impact on environment (land use, water cycle) suggest that likely their share of total energy will not go beyond about 20% and mainly when they involve simple production processes.

The possible future integrated scheme of production of energy vectors (refinery) is schematically shown in Fig. 1 inside the crystal ball to accentuate the concept to prediction of the possible future scenario. This



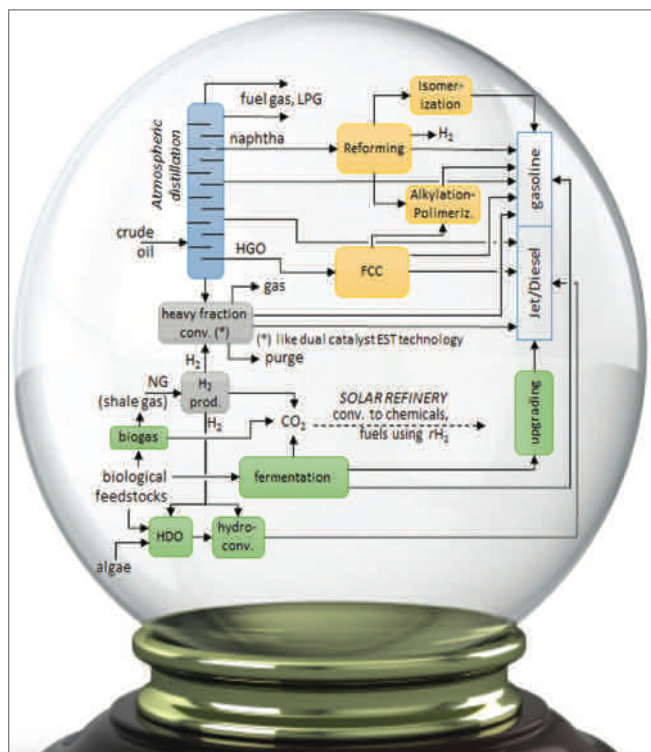


Fig. 1 - Schematic diagram of possible future integrated scheme of energy vectors production (refinery). Acronyms: FCC - Fluid catalytic cracking; LPG - Liquefied petroleum gas; HDO - hydro-deoxygenation; HGO - heavy gasoil; NG - natural gas; rH<sub>2</sub> - renewable H<sub>2</sub>. Solar refinery deals with the conversion of CO<sub>2</sub> to chemicals using renewable H<sub>2</sub>. Source: the scheme in the crystal ball is adapted from [11]

scheme outlines the integration with biorefinery from one side and with solar refinery from the other side. Natural (shale) gas is indicated as main source of H<sub>2</sub> production, whose use will be expanded to utilise heavy oil fractions and biomass/algae as feedstocks. This scheme outlines the substitution of vacuum distillation, and related downstream technologies, with a new technology for hydrotreatment of heavy fractions.

Solar fuels integration, besides to biorefinery integration within refineries schemes, is an important element of future scheme to lower carbon footprint at the same time reducing dependence from fossil fuels [6, 7]. Solar fuels indicate those energy vectors which are produced using renewable energy (not only limited to solar direct use) and thus utilised to store and transport renewable energy [4].

CO<sub>2</sub> use, in the prospective of a circular economy, is one of the critical elements of the integration of bio- and solar-refineries (within an advanced refinery scheme as outlined in Fig. 1) to move to new economy [12, 13]. Lowering the impact on greenhouse gas (GHG) emissions, in addition to other motivations (energy security, promote rural living, etc.) is a major motivation for regulations and incentives for biofuels utilisation. The possibility to further expand the use of biomass to move to a new (bio)economy is necessary to make a step forward in reducing GHG and environmental impact. Being large amounts of CO<sub>2</sub> produced in fermentation processes, one of the key elements in biofuel production, the integration of renewable (solar) energy and CO<sub>2</sub> reuse within biorefinery cycle is a necessary step forward. In fact, the transformation of CO<sub>2</sub> to fuels

allows to incorporate renewable energy in the chemical energy of the fuel (or chemical), providing the more functional way to introduce renewable energy into the energy and chemical value chain.

In addition, this integration may boost overall energy efficiency and decrease carbon-footprint. There are several possible options to realise this objective, as described in the following.

### CO<sub>2</sub>: a key carbon source element

One of the key elements in the new models of biorefineries is also the need to integrate CO<sub>2</sub> valorisation and renewable energy in the biorefinery value chain. It is possible to increase biomass to fuel conversion, when CO<sub>2</sub> utilisation is integrated in biorefinery. In biofactories, the scope is instead different and the target is the optimal integration of CO<sub>2</sub> utilisation within the value chain. Symbiosis with near lying factories is another emerging element characterizing the new models of bio-economy. There are different possibilities of efficient symbiosis, but an interesting option is the use of waste from other productions (wastewater and CO<sub>2</sub>, for example, in advanced microalgae processes) to enhance the energy efficiency and reduce environmental impact and CO<sub>2</sub> emissions of a productive district. There are various interesting new models for advanced biorefineries/biofactories, two of which are emerging as a new opportunity [7, 10]:

- i. bio-production of olefin and other base raw materials;
- ii development of flexible production of chemicals and fuels.

The first is centred on the production of base raw materials for chemical production, while the second focuses attention on intermediate and high-added-value chemical products, including monomers for polymerization, but with flexible type of production for a rapid switch to produce eventually fuel additives, depending on the market opportunities. Two of the elements characterizing both models are the full use of the biomass and process intensification (for efficient small-scale production).

### Methanol: at the crossover of new energy-chemistry nexus

Methanol is at the crossover of the new energy-chemistry nexus, because shows unique features of flexibility, one of the characterising requirements for the future energy-chemistry scenario. Methanol can be used both as (1) chemical and raw material for large-volume chemicals, and (2) fuel, both as blending component or to produce a range of other components for fuels. It may be produced both from (i) fossil fuels (methane, and from coal, the latter in rapid expansion in China) and (ii) non-fossil-fuel sources (residue/biomass/renewable + CO<sub>2</sub>). Methanol is thus one of the most important and versatile platform chemicals for chemical industry, but also a key element in the transformation to a sustainable energy future, for example to trade renewable energy on world scale.

Methanol/dimethyl ether (DME) may be converted to olefins (MTO - methanol to olefin/MTP - methanol to propylene and related processes) or aromatics (MTA - methanol to aromatics) over zeolite catalysts, besides to be raw materials for other large-volume chemicals (acetic acid, formaldehyde and others). Olefin and aromatics deriving from refinery fractions will be progressively substituted from these alternative raw materials, and in part also from shale gas.

Fig. 2 outlines schematically a possible future integrated scheme for chemical production. The availability of alcohols at low cost from biomass fermentation processes stimulates their use as raw materials to produce other chemicals (especially ethylene deriving from ethanol). In addition, CO<sub>2</sub> emitted from biorefineries and other processes (biogas production,



for example), and thus 100% fossil-fuel-free, is an excellent C-source to produce the raw materials for chemistry (olefin, especially, via conversion to methanol or dimethylether - DME).

### Exploiting shale-gas

Availability and low cost of shale-gas is another of the elements which determine the future energy and chemistry scenario [14]. There are however still technical hurdles preventing the use of this resource. In fact, though it has been worldwide recognised that exploitation of natural gas, as such or as hydrogen source, for energetic purpose and also as fine chemicals precursor, replacing other fossil fuels, will contribute to lowering the global warming emissions, such statement is true if leakage of methane during drilling and extraction of natural gas from wells and its transportation in pipelines is completely avoided or drastically minimised. On this premises, heterogeneous catalysis plays an important role since all the transformation processes of methane are enhanced by the appropriate catalysts.

There is currently a big effort to develop novel catalysts and to develop novel direct routes for the selective and efficient conversion of methane. In this framework, methane valorisation to liquid fuel by efficient conversion to methanol is a strategic target, since natural gas could represent the most important fuel for the transition period towards an energy system based on renewable sources. Natural gas can be switched to methanol for energy storage, transportation fuel, and raw materials for synthetic hydrocarbons production.

On the other hand, the possibility to reduce energy use and costs of the production of syngas, for example by introducing new process schemes based on the integration of membranes, is a valuable option particularly for small-medium size applications. Shale gas can also be used for obtainment of light olefins. The challenges being related with the replacements of the energy intensive steam cracking. Another emerging route in this broad scenario is related to the use of *non-thermal plasma*, in the various different possible options to generate the plasma. This approach presents a conceptual change of paradigm, from the issue of methane activation (or simultaneous CO<sub>2</sub> and/or H<sub>2</sub>O activation) to the control of selectivity in the pathway of further catalytic conversion.

The use of transition and main groups metals in zeolites (Zn, Cu, Ga, etc.) is opening new rather interesting possibilities for new gas and liquid phase transformations of methane to products such as methanol, olefins etc. Biocatalytic transformations is another promising area with interesting outlooks due to the significant progresses made in understanding the reaction mechanism. The key for exploitability of this route is to enhance productivity and reduce costs of separation, for example through the integrated use of membranes. The combination with solid (photo) catalysts to enhance the rate of reaction and/or close the cycle is one of the emerging areas.

### Biogas-based chemistry

Biogas, for the possibility to utilise waste resources, is one of the key elements shaping the future of renewable energy. Actual forecasts are of a rapid extension of digestors and biogas production that will require the possibility to store in the form of liquid fuels some of the energy produced. Biogas transformation routes are thus one of the emerging routes. In addition to non-thermal plasma, the solar-assisted dry reforming is another valuable option, especially when solar heat is stored in the form of molten salts. These two emerging routes require a new catalyst design with respect to those actually available.

### Solar-driven chemistry

“Solar-driven Chemistry” term indicates the *possible future scenario for chemical production based on the progressive substitution of fossil fuels as energy source and raw materials*. The concept of “Solar-driven Chemistry” is thus not limited to the direct use of photons, but indicates the direct and indirect ways by which renewable energy could be transformed into chemical energy. Therefore, electrocatalytic routes, when the electrical energy is provided from renewable sources, are part of this general concept, as well as plasma routes for chemical production, when driven by using renewable energy. Catalysis is the element making the difference to extend the use of plasma from limited current uses to large-scale (energy-efficient) technologies. A new conceptual design for catalysis to work in synergy with plasma is required. Current catalysts are not suited to work efficiently with the radical and vibrationally-excited species present in plasma.

A key aspect of “Solar-driven Chemistry” concept is the creation of a short-term cycle of utilisation of renewable energy sources to produce chemicals and energy vectors. This intensification in the transformation from solar to chemical energy is a key element for sustainability. A third characterising aspect of this new concept of chemical production is the paradigm-shift in chemical (and energy) production. The current focus of chemical production is on the “carbon-atom” selectivity with respect

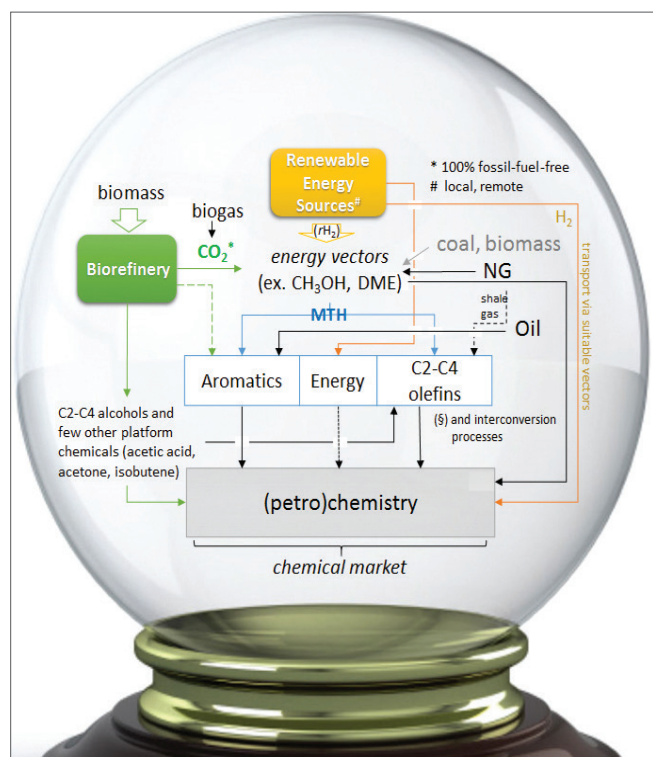


Fig. 2 - Simplified schematic diagram of a possible future integrated chemical production. Acronyms: DME - dimethyl ether; MTH - methanol to hydrocarbon processes; NG - natural gas. Source: the scheme in the crystal ball is adapted from [11]

to the starting raw material (typically hydrocarbon). In a future sustainable production, providing selectively (renewable) energy for chemical transformations will be an additional key aspect, i.e. an energy-economy rather than only atom-economy. Design of new catalysts and catalytic electrodes to work with these energy sources and move from lab to industrial scale (for example, design 3D-type electrodes to intensify production) is the challenge [8].

The production of solar fuels and chemicals, and associated aspects of chemical energy storage, are between the relevant elements to move to this new “solar-driven chemistry” scenario and, in a long-term perspective, to the possibility of a distributed energy/chemistry production in artificial leaf-type devices. However, it may be limitative to consider only these aspects, and not the more in depth impact on the entire chemical/energy production, which may derive from a proper consideration of the “solar-driven chemistry” scenario and its influence on the way we actually produce chemicals and energy, starting from scale-economy. The transition to a new economic cycle in chemistry/energy production is started, and “Solar-driven Chemistry” will be a key element of this future (sustainable) scenario. It is necessary to accelerate the development of new catalysis concepts, technologies and materials to turn this challenge into innovation and competitiveness. It is necessary to change the catalyst chemistry from what it is today (dark operations) to some which operates with the sun, like artificial leaves (PEC approach) [15, 16].

Solar driven chemistry is a unique opportunity for chemical (and energy) production in Europe. It could create the knowledge-driven driver for competitiveness of Europe’s industrial production, while preserving job and environment, for example by creating the sustainable chemistry/energy of the future. But only with a large integrated effort it is possible to meet these ambitious objectives.

### Conclusions

The areas shortly outlined above provide a glimpse of the possible future for chemical and energy vectors production, evidencing the change in the energy-chemistry nexus, refinery and chemical production, and priority targets. It is not fully exhaustive of the possibilities and perspectives in this broad field, but evidences some emerging area and the need to develop and improve new catalytic materials, devices and processes.

Some of the highlighted areas entail an improvement in current catalysts, or adapting their characteristics, for instance the transition from oil- to bio-based chemicals or process intensification. However, some of the areas, for example in the chemical use of shale-gas, require new disruptive catalysts. As a matter of fact, many obsolete processes need to be revised through the use of disruptive (game changer) catalysis approaches. Disruptive approaches may be divided in two boundary scenarios:

- 1) radically new and large scale workflows which integrate different feedstocks and energy sources which can be addressed only by the construction of novel catalytic and separation units,
- 2) radically new drop-in catalysts which can be in reactor used today and which can accommodate different (bio) feedstock or different raw material grades

One example is nitrogen fixation. Ammonia production is the single most energy-intensive process, with over 2.5 EJ of energy consumption and production of 350 Mt CO<sub>2</sub> eq. emissions. Dramatic improvements in energy consumption for ammonia production were made prior to 1930, but further improvements were incremental over the last five decades and

nearly zero recently. Producing NH<sub>3</sub> under mild conditions, for example by electro-catalysis using renewable energy sources to drive the reaction, could completely change the environmental impact and at the same time providing new bases for competitiveness of European chemistry industry. There are many other examples of disruptive catalytic technologies, from i) the photo- or photo-electro catalytic production of renewable H<sub>2</sub>, to ii) new artificial leaf-type devices to distributed production of chemicals or fuels, iii) new catalysts for methane direct conversion and iv) new synthetic catalytic strategies for chemistry, for instance photo-carboxylation, or integration of chemo- or electro-catalytic steps (for example, in regeneration of cofactors in enzyme catalytic cycles).

Only a knowledge-driven approach can be successful in addressing the objectives outlined above, and thus only a balanced approach investing on research on all the components of the chain going from idea to innovation, including educational ones, can be successful in this *revolutionary transition to a new economy for Europe*.

### REFERENCES

- [1] S. Abate *et al.*, *J. Energy Chem.*, 2015, **24**, 535.
- [2] S. Perathoner, G. Centi, *J. Chinese Chem. Soc.*, 2014, **61**, 719.
- [3] F. Cavani *et al.*, *Sustainable Industrial Chemistry: Principles, Tools and Industrial Examples*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2009.
- [4] S. Abate, G. Centi, S. Perathoner, *Green*, 2015, **5**, 43.
- [5] S. Abate, G. Centi, S. Perathoner, *Nat. Science Review*, 2015, **2**, 143.
- [6] S. Abate *et al.*, *ChemSusChem*, 2015, **8**, 2854.
- [7] P. Lanzafame, G. Centi, S. Perathoner, *Chem. Soc. Rev.*, 2014, **43**, 7562.
- [8] D.S. Su, G. Centi, *J. Energy Chem.*, 2013, **22**, 151.
- [9] L. Barbato *et al.*, *Energy Techn.*, 2014, **2**, 453.
- [10] P. Lanzafame, G. Centi, S. Perathoner, *Catal. Today*, 2014, **234**, 2.
- [11] S. Abate *et al.*, *Catal. Science & Techn.*, 2016, Adv. Article, DOI: 10.1039/C5CY02184G.
- [12] C. Ampelli, S. Perathoner, G. Centi, *Phil. Trans. Royal Soc. London A: Math. Phys. and Eng. Sciences*, 2015, **373**, 20140177.
- [13] S. Perathoner, G. Centi, *ChemSusChem*, 2014, **7**, 1274.
- [14] G. Centi, *ChemSusChem*, 2015, **8**, 212.
- [15] C. Ampelli *et al.*, *Catal. Today*, 2015, **259**, 246.
- [16] S. Perathoner, G. Centi, D.S. Su, *ChemSusChem*, 2015, Adv. Article, DOI: 10.1002/cssc.201501059.

### Il nuovo scenario per la produzione chimica sostenibile e di energia: opportunità per la ricerca e l'innovazione

Viene presentata una visione del possibile futuro per la produzione chimica e di vettori energetici, evidenziando il cambiamento del nesso tra energia e chimica, tra raffineria e produzione chimica. Gli aspetti discussi in breve sono i seguenti: i) il nesso tra energia e chimica, ii) l'evoluzione ad un nuovo scenario energetico sostenibile, iii) l'evoluzione nello stoccaggio di energia: da reti intelligenti allo stoccaggio chimico di energia, iv) una nuova visione per le raffinerie, v) CO<sub>2</sub>: un elemento chiave come fonte di carbonio, vi) metanolo: il punto di incontro del nuovo nesso tra energia e chimica, vii) la valorizzazione del shale gas, viii) una nuova chimica da biogas e ix) chimica basata sull'uso di energia solare.



# Bonifiche dei Siti Contaminati e Riqualificazione del Territorio

# REM TECH

21 - 22 - 23

settembre 2016



RemTech, che giunge quest'anno alla **decima edizione**, è l'evento italiano più specializzato sulle bonifiche dei siti contaminati, la protezione e la riqualificazione del territorio. La qualificata community cui si rivolge comprende società private, enti pubblici, università e centri di ricerca, associazioni, professionisti, mondo dell'industria, comparto petrolifero e real estate.

L'area espositiva, altamente accreditata, è affiancata da una sessione congressuale tecnico-scientifica di elevato livello e da corsi di formazione per operatori, autorità e decision maker.

Il programma verte sui temi di maggiore attualità e interesse, e prevede gli **Stati Generali delle Bonifiche**, la Conferenza Nazionale dell'Industria sull'Ambiente e sulle Bonifiche, la **RemTech Europe International Conference** (prima edizione), in collaborazione

con la Commissione europea, approfondimenti tecnici e dibattiti multidisciplinari – a livello nazionale e internazionale – su casi di studio ed esperienze reali, oltre all'assegnazione dei Premi di Laurea Magistrale e di Dottorato, e dei Premi Speciali.

A RemTech partecipano delegazioni straniere, composte da buyer e interlocutori chiave, e interessate ad avviare rapporti di business con gli espositori, mediante B2B esclusivi.

Eventi paralleli: Coast, sulla gestione e la tutela della costa e del mare, Esonda, sul dissesto idrogeologico e il rischio idraulico, e Inertia, sui rifiuti inerti e gli aggregati.



## REGISTRAZIONE ONLINE

[www.remtechexpo.com](http://www.remtechexpo.com) | [info@remtechexpo.com](mailto:info@remtechexpo.com) | 

# UN APPROCCIO GREEN ALLA PRODUZIONE DI GRAFENE

Dal grafene si sono ottenuti, in tempi relativamente brevi, diverse applicazioni commerciali che mostrano migliorie rispetto allo stato dell'arte ed alcune sono già utilizzate nella vita di tutti i giorni. Come viene prodotto il grafene, quale tecnologia scegliere, quali sono i costi per il suo utilizzo e qual è l'affidabilità del prodotto finito, sono spesso le domande che l'industria rivolge a chi propone grafene o i suoi derivati nei più disparati settori industriali.



## La matita e il grafene

La grafite diventò largamente conosciuta solo dopo l'invenzione della matita nel 1564 [Petroski, 1989]. La sua utilità deriva dal fatto che la mina contenuta al suo interno sia costituita da strati di grafene tenuti assieme da forze deboli di van der Waals; tali forze garantiscono il distacco di frammenti grafitici durante la scrittura generando il classico segno e colore della matita. Il grafene, pur essendo l'unità base della grafite, è stato individuato [Novoselov *et al.*, 2004] solo dopo 440 anni dalla scoperta della grafite. Il principale fattore imputabile a questo ritardo fu l'assenza di aspettativa sulla sua esistenza. A conferma di ciò, settant'anni fa Landau e Peierls discussero sul fatto che cristalli 2D fossero termodinamicamente instabili, essendo quindi descritto solamente come "materiale accademico" [Landau, 1937;

Peierls, 1935]. Geim, premio Nobel nel 2010 per la Fisica, nel 2007 affermò come non esistesse nessuna metodologia o strumento per la ricerca di frammenti nanometrici grafitici su aree macroscopiche [Geim e MacDonald, 2007], infatti la scoperta del grafene fu la combinazione di spirito di osservazione e buona sorte. Grazie al leggero effetto ottico che si ha quando questo materiale viene depositato sopra uno strato di SiO<sub>2</sub> spesso 300 nm fu possibile, utilizzando un microscopio ottico, osservarlo e successivamente caratterizzarlo con la strumentazione odierna [Abergel *et al.*, 2007; Casiraghi *et al.*, 2007]. È curioso, inoltre, come utilizzando uno strato di SiO<sub>2</sub> spesso 315 nm (ovvero il 5% in più) il grafene risulti completamente invisibile.

## Il grafene nel dettaglio

Il grafene è il nome dato ad un foglio di atomi di carbonio ibridizzato sp<sup>2</sup>, perfettamente arrangiato in una struttura 2D a nido d'ape. Ha riscontrato grande successo nella comunità scientifica internazionale in quanto può essere considerato il materiale più sottile mai scoperto prima, come anche il più resistente. Il grafene è forte, 200 volte più dell'acciaio, ha la proprietà di sostenere densità di carica elettrica sei volte superiore al rame, mostrando in concomitanza una conduttività termica e uno spessore da record. È impermeabile ai gas, è così denso che nemmeno l'elio, il più piccolo gas atomico, può attraversarlo. È quasi trasparente, può essere considerato facilmente come una piattaforma chimica su cui creare strati molecolari monoatomici e favorire reazioni chimiche. Una ugualmente importante motivazione per la quale il grafene ha riscontrato enorme successo è nella particolare e unica natura dei suoi trasportatori di carica. Queste quasiparticelle, chiamate fermioni senza massa di Dirac, e la loro relativistica descrizione è stata conosciuta per molti anni solo teoricamente; con il grafene si è fornito un *workbench* reale per lo studio di questi fenomeni di elettrodinamica quantica (QED) semplicemente misurando le sue proprietà elettriche [Semenoff, 1984; Haldane, 1988; Gorbar *et al.*, 2002] (Fig. 1).



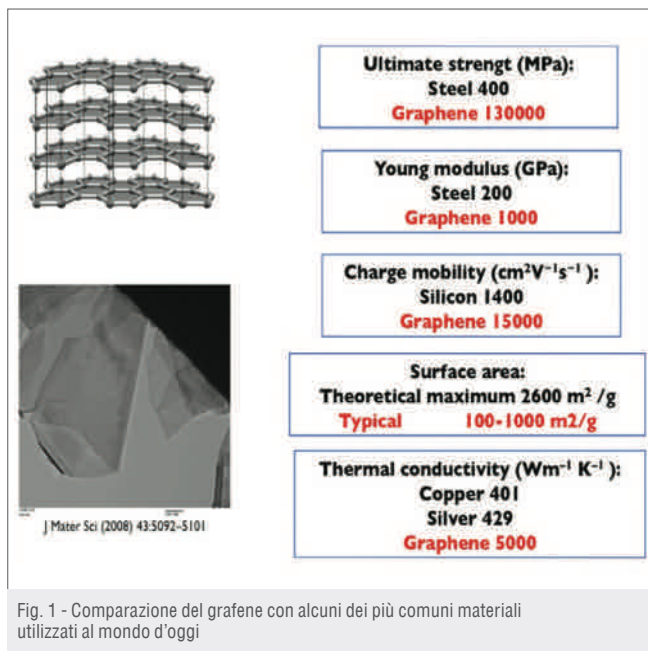


Fig. 1 - Comparazione del grafene con alcuni dei più comuni materiali utilizzati al mondo d'oggi

## Applicazioni

Il grafene grazie alle sue proprietà si propone di sconvolgere il mondo odierno con un'infinità di possibili applicazioni: grazie alle sue proprietà elettriche si propone di diventare il futuro sostituto dell'ITO (indium tin oxide), di essere l'elemento base per transistor e microprocessori, Oled, celle solari; prodotto in film si può utilizzare in schermature elettriche EMI e RF e, grazie alle sue dimensioni estremamente ridotte e alle sue capacità conduttive, può essere utilizzato per preparare inchiostri e supercapacitori. Riferendoci alle sue proprietà meccaniche combinate alle caratteristiche elettriche, può essere impiegato per composti ad alta conducibilità elettrica, ad alte prestazioni meccaniche, per schermature elettriche nel campo eolico e aeronautico. Il grafene è caratterizzato da un'alta "aspect ratio" (lunghezza e larghezza elevati, micron, con spessore atomico, Angstrom) il che lo rende una piattaforma chimica per l'aggraffaggio di molecole e la modulazione di reazioni chimiche come anche trasportatore di farmaci all'interno delle cellule. La presenza di una grande quantità di possibili applicazioni si scontra oggi con la difficile gestione e produzione di questo materiale. Il grafene, come quello scoperto dai due premi Nobel Geim e Novoselov nel 2004, presenta lo svantaggio di esser stato prodotto via *scotch tape*. Lo *scotch tape* o *peel off* è una metodologia che, tramite l'ausilio di un semplicissimo scotch e della grafite adesa sulla parte adesiva del nastro, dà la possibilità, dopo vari passaggi di attacca-stacca, di sfogliare la grafite fino a farle raggiungere spessori inferiori al nanometro. Purtroppo la metodologia descritta, anche se riesce a produrre un materiale con una qualità cristallina ottima, ha lo svantaggio della quantità, si impiegherebbero secoli a produrre un chilo di grafene, per questa motivazione si è ricorsi ad altre metodologie.

## Produzione industriale

La produzione industriale odierna di grafene ha due principali vie, "bottom up" e "top down". Partendo dalla bottom up, ovvero dal più piccolo

building block, un atomo di carbonio, al materiale finito, una distesa enorme di atomi di carbonio, le principali metodologie sono: CVD (chemical vapour deposition), segregazione del SiC e plasma con metanolo. La CVD sfrutta l'ausilio di gas a base carbonio ed elevate temperature (prossime e a volte superiori ai 1.000 °C) per far crescere su substrati metallici, in genere rame, il grafene. Questo a sua volta viene fatto aderire su una superficie diversa sul lato libero, in genere un polimero trasparente, e conseguentemente deposto in un bagno chimico al fine di eliminare il rame permettendo così al fruitore finale di disporre di questo materiale su diversi substrati. Con questa metodologia si riescono al momento ad ottenere produzioni di 200.000 m<sup>2</sup>/anno e qualità di prodotto molto elevate.

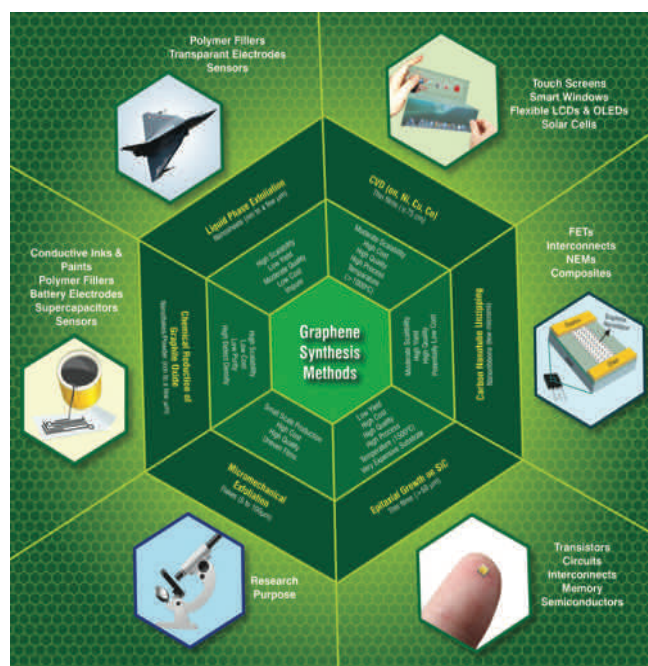
La segregazione del carburo di silicio, SiC, avviene ad elevate temperature in ultra alto vuoto e su supporti metallici. Al momento, dato la complessità del processo, non si conoscono a pieno le potenzialità di questa produzione.

Il plasma con metanolo (PECVD, plasma enhanced chemical vapor deposition), è un metodo simile al CVD ma sfrutta l'ausilio di plasma per la deposizione di film sottili su superfici. Difficile la stima sulle sue potenzialità.

Passando ora ai metodi "top down", ovvero dall'alto verso il basso, si andranno a prendere in considerazione per questa tipologia di processo i materiali dove il grafene è già presente in grande quantità, per esempio la grafite. In questa tecnica produttiva possiamo ulteriormente dividere i settori di produzione per via meccanica o per via chimica. Mediante produzione meccanica troviamo il metodo di produzione "peel off" e la macinazione della grafite espansa.

Il metodo "peel off", prima descritto, viene utilizzato solo in ambito di ricerca, data la scarsa produzione, anche se di ottima qualità.

La macinazione della grafite espansa, pur generando un grafene di qualità inferiore, permette di arrivare ad una produzione industriale di circa 300 t/anno.





Technology	Materials	Condition	Chemicals
CVD, SiC	Supported mono, few-layers graphene	~ 1.000 °C, UHV	For film release or Cu dissolution
Peel off	Few graphene sheets on silicon	Ambient	
Expanded graphite milling	Few layers graphene on powder at high surface area	~ 800 °C	Acid or others for intercalation
GO	Suspend water solution, membrane or powder	Ambient	Strong oxidizing agents, acids for purification
R-GO	Powder at high surface area	>800 °C	or strong reducing agents
Liquid exfoliation solvent	Few layers graphene suspended in solvent	Ambient	Solvents
Liquid exfoliation water	Few layers graphene suspended in water solution	Ambient	Soap, polymers, DNA, etc.

Tab. 1

Nei metodi top down con meccanismi chimici si annoverano: esfoliazione con sistemi ossido-riduttivi e esfoliazione utilizzando agenti intercalanti.

Meccanismi ossido-riduttivi portano alla produzione di ossido di grafene (GO), tramite l'ausilio di potenti agenti ossidanti o metodi elettrochimici. Il materiale esfoliato con questa metodologia presenta un cambio della sua natura chimica, che chiaramente dipenderà dal tipo di agente chimico utilizzato e dall'eventuale successiva riduzione a grafene ossido ridotto, R-GO. La produzione con questo sistema porta al momento a rese intorno alle 300 t/anno.

L'esfoliazione liquida utilizza composti chimici intercalanti, quali solventi, surfattanti o anche polimeri, che vanno quindi a disporsi tra i vari spazi intercrystallini e, tramite l'ausilio di bagni sonicatori, dà la possibilità di separare i fogli grafene di buona qualità.

Nella Tab. 1 è riportato un breve riassunto di quanto disponibile oggi in commercio.

### Problematiche...

"Più grande è la scoperta più tempo sarà richiesto per applicarla" disse il premio Nobel Konstantin Novosëlov nel 2012 in un'interessante *review* su *Nature*. Infatti, sebbene il grafene sia ricco di ottime qualità, con questo materiale lo scale up di un processo industriale risulta difficoltoso. Procedendo ad un'analisi dei processi precedentemente esposti si nota come un processo in temperatura è in genere, più economico di uno in ultra alto vuoto. L'utilizzo di acidi forti, agenti ossidanti o riducenti durante i processi di esfoliazione porta ad elevati costi nello smaltimento dei reflui chimici. Il GO prodotto con metodi ossido-riduttivi è isolante, con proprietà ben lontane da quelle del suo parente più stretto, il grafene. I solventi utilizzati sono a volte di natura pericolosa e le sostanze esfolianti inquinano il grafene andandosi ad adsorbire sulla sua superficie. La maggior parte dei processi che non sia CVD o "peel off" produce grafene di alcuni strati che non è il grafene singolo strato,

sia per proprietà morfologiche sia per proprietà fisiche.

Oggi le metodologie menzionate precedentemente propongono una vasta gamma di diversi grafeni in vendita da cifre che partono dai 300 €/kg, relativi ai sistemi di macinazione ed esfoliazione liquida, ai 200 k€/m<sup>2</sup> per sistemi di produzione complessi e qualità di prodotto elevati come CVD e segregazione del SiC.

### GNEXT

GNext è una giovane azienda bolognese con un solido background in R&D e una produzione di grafene con tecnologia proprietaria unica al mondo. Il nostro team, costituito da membri provenienti sia dal mondo della ricerca che dall'industria, sviluppa applicazioni che sfruttano il grafene già dal 2010. GNext si propone come azienda chiave nella produzione e nell'individuazione di applicazioni reali e collabora attivamente con il cliente curando il trasferimento tecnologico dal laboratorio alla produzione industriale cercando di fornire soluzioni personalizzate in base alle richieste.

Il processo sviluppato oltre ad essere estremamente economico, è stato sviluppato con l'obiettivo di raggiungere la massima sostenibilità ambientale, limitando a quasi zero gli scarti e riciclando tutte le materie prime non reagite, ad esempio il materiale grafiteo e di liquidi di esfoliazione vengono riciclati totalmente da anni.

Il processo è studiato al fine di ridurre al minimo i consumi energetici ricavando il massimo dal riciclo, dove anche le acque di lavaggio vengono riutilizzate all'interno del processo.

La forza dell'approccio alla produzione il più ecologico possibile, forse l'unico possibile per una start up, si traduce in un processo:

- economico;
- facilmente scalabile;
- gestibile da una piccola azienda;
- minori costi per eventuali studi su impatto ambientale;
- ridotti rischi per la salute.

### I prodotti

GNext produce ma sviluppa anche applicazioni tecnologiche che utilizzano grafene. La nostra produzione si basa su sospensioni acquose di grafene multilayer che possono essere facilmente risospese in altri solventi in base alle richieste del cliente: bassa quantità di agenti esfolianti non tossici, nessun processo di ossidazione, nessuna presenza di polveri sospese o di sostanze volatili nocive. I prodotti vanno dai film polimerici, che diventano conduttivi grazie ad un sottile strato di soluzione grafenica, a circuiti conduttivi stampati con l'inchiostro G-Ink (resistenze <4 ohm/sq/mil) con processi industriali come flexo e rotocalco, produzione di masterbatch e modifica di grafeni commerciali per rendere i prodotti esenti da fini che garantiscano maggiore stabilità e dispersione.

#### A Green Approach to Graphene Production

From graphene, in a small time period, we have got different applications and commercial products normally used in the people life. How graphene is made, which kind of technology choose, how much money is needed or which kind of reliability graphene is able to prove, these questions ask to the graphene producers the industrial world.

# METHOD DEVELOPMENT MASTER



## PRESS

With great detection power comes great possibility. To develop methods faster than ever before, find out how Waters ACQUITY QDa<sup>®</sup> Mass Detector is making heroes out of chromatographers like you.

Visit [waters.com/qdaheroes](http://waters.com/qdaheroes)

**Waters**

THE SCIENCE OF WHAT'S POSSIBLE.<sup>®</sup>

PHARMACEUTICAL • HEALTH SCIENCES • FOOD • ENVIRONMENTAL • CHEMICAL MATERIALS

©2016 Waters Corporation. Waters, ACQUITY QDa and The Science of What's Possible are registered trademarks of Waters Corporation.



# TICASS: RICERCA, INNOVAZIONE E TRASFERIMENTO TECNOLOGICO PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

TICASS è una società consortile che comprende imprese, università ed enti di ricerca raggruppati nel Polo Ligure di Innovazione Scientifico-Tecnologica attivo nell'area tematica "Energia in Liguria". In questa comunicazione vengono sommariamente descritte le attività di TICASS, dai progetti di ricerca e sviluppo alle azioni di formazione e training. Due progetti di ricerca recentemente conclusi, che mettono in risalto il ruolo di TICASS nel favorire le aggregazioni tra imprese and enti di ricerca, vengono descritti con maggior dettaglio.



## Cosa è TICASS

TICASS - acronimo di Tecnologie Innovative per il Controllo Ambientale e lo Sviluppo Sostenibile - è una società consortile senza fini di lucro, costituita a marzo del 2010 da Università degli Studi di Genova, enti di ricerca e piccole, medie e grandi imprese del territorio.

TICASS è il soggetto gestore del Polo Regionale di Innovazione Tecnologica "Energia-Ambiente" e, con riferimento a questi due ambiti specifici, promuove, diffonde, trasferisce e valorizza l'attività di ricerca e il trasferimento tecnologico, ponendosi come punto di incontro tra le istituzioni e le realtà economiche e produttive locali.

L'obiettivo del Consorzio è trovare soluzioni efficaci per favorire lo sviluppo sostenibile del territorio, nella consapevolezza che solo attraverso l'innovazione l'economia ligure, e italiana in generale, è in grado di essere competitiva a livello europeo e internazionale.

La forza di TICASS è l'eterogeneità dei suoi associati: grandi imprese di carattere manifatturiero e industriale, imprese di servizi, di consulenza, enti di ricerca pubblici e privati. Ciò permette la creazione di sinergie che, in termini di risorse umane, tecnologiche e finanziarie, consentono di attivare e sviluppare progetti innovativi legati alle esigenze degli associati e della comunità. In particolare, TICASS lavora per promuovere e favorire la partecipazione delle aziende a progetti finanziati, con lo scopo di orientare nel modo più vantaggioso e produttivo possibile le risorse economiche destinate alla ricerca previste nella nuova programmazione europea ed in quella a livello nazionale e regionale.

L'attività di TICASS - incentrata nel monitoraggio ambientale, nello sviluppo di prodotti e processi sostenibili, nella valorizzazione del territorio e delle risorse (naturali e minerali), nei nuovi materiali e nella blue energy - è in linea con le indicazioni formulate dall'Unione Europea. La crescita sostenibile, basata su un'economia più verde e più efficiente nella gestione delle risorse, è, infatti, una delle priorità della Strategia "Europa 2020" attraverso la quale l'Europa intende superare l'attuale crisi e creare le condizioni per un'economia più competitiva con un più alto tasso di occupazione. Vanno in questa direzione i numerosi progetti realizzati e in corso di svolgimento, tra cui i progetti nell'ambito dei programmi Life+inREACH, Horizon 2020 XERIC e BlueSCities, oltre ai progetti relativi alla valorizzazione dei rifiuti e al trattamento dei reflui industriali. L'interazione tra i ricercatori universitari e dei centri di ricerca con i tecnici delle imprese ha permesso di costruire un ambiente favorevole e di confronto, in cui attivare meccanismi di trasferimento tecnologico e collaborazioni reali.

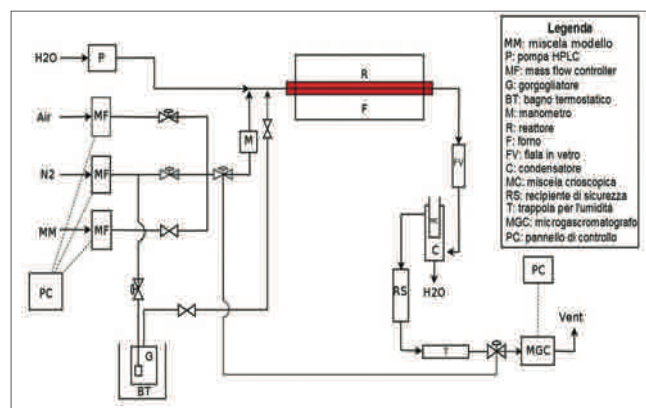


Fig. 1 - Schema dell'impianto pilota realizzato nell'ambito del progetto presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università degli Studi di Genova



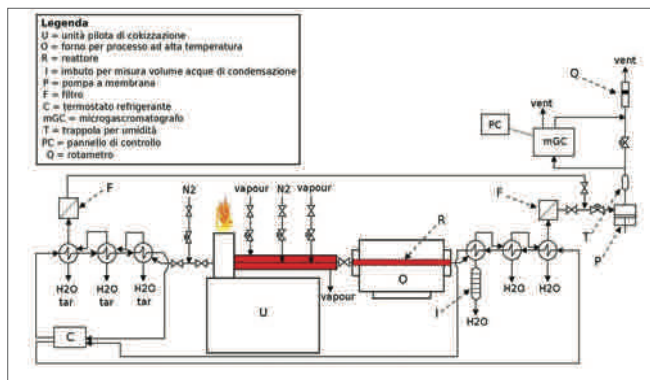


Fig. 2 - Schema dell'impianto pilota realizzato nell'ambito del progetto presso lo stabilimento industriale di Italiana Coke sito in Cairo Montenotte (SV)

### Due progetti rappresentativi per TICASS e le sue aziende Produzione di gas di sintesi da processi termici

**Titolo del progetto:** Studio e sviluppo di innovativi sistemi di purificazione/depurazione dei gas di cokeria ad elevata efficienza energetico/ambientale.

**Soggetti coinvolti:** Italiana Coke S.r.l., IREOS Laboratori S.r.l., E.A.T. European Advanced Technologies S.r.l.. Consulenti: Università degli Studi di Genova (DCCI e DICCA), TICASS S.c.r.l.

**Strumento di finanziamento:** POR Liguria (2007-2013) - Asse 1 Innovazione e Competitività - Azione 1.2.2 Ricerca industriale e sviluppo sperimentale.

**Budget del progetto:** 1.386.306,54 euro

**Durata del progetto:** biennale

Il progetto ha comportato lo sviluppo di un processo innovativo, che sfrutta la decomposizione di molecole organiche a CO e H<sub>2</sub>, realizzata ad alta temperatura partendo da gas o vapori ricchi di sostanze organiche volatili (SOV), generate dai processi di pirolisi, di gassificazione e di cokizzazione.

Tra i principali risultati del progetto è da considerare la realizzazione dei due impianti pilota, schematicamente riportati nelle Fig. 1 e 2, attraverso i quali è stato sperimentato il processo di decomposizione termica, installati presso i laboratori del Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università degli Studi di Genova e presso lo stabilimento produttivo dell'azienda capofila.

I risultati forniti dalla sperimentazione su scala pilota, condotta impiegando come alimento sia miscele modello sia gas di cokeria reale, hanno dimostrato che il processo è in grado di convertire il gas di cokeria in miscele gassose costituite da gas di sintesi (H<sub>2</sub> e CO) ad elevata purezza con la capacità di decomporre, e quindi rimuovere in modo totale, gli inquinanti organici (BTEX, IPA oltre ad eliminare come N<sub>2</sub> tutti gli inquinanti azotati presenti), con efficienze sensibilmente più elevate rispetto a quelle dei trattamenti di depurazione convenzionali, con valori superiori al 99,99% per i BTEX ed al 99,999% per gli IPA, come si deduce dalla Tab. 1, che riporta i risultati di una tipica prova di depurazione di una corrente gassosa utilizzando un effluente spillato da una corrente dell'impianto di produzione di coke presso l'installazione industriale Italiana Coke di Cairo Montenotte (SV).

In virtù della loro composizione e del bassissimo tenore di inquinanti organici le miscele prodotte sono potenzialmente impiegabili come

combustibili ad alto contenuto energetico in processi di cogenerazione, come fonti di idrogeno e, in particolare, come nuovo syngas per la produzione di alcuni intermedi o composti da destinare all'industria chimica (metanolo, glicole etilenico, ecc.).

Nonostante le soluzioni tecniche richieste dall'esercizio ad altissima temperatura, il layout impiantistico conserva una notevole semplicità, che rende questo processo vantaggioso sia in termini ambientali sia economici.

È stato infine sviluppato un modello cinetico necessario per individuare le condizioni operative ottimali per l'ingegnerizzazione del processo industriale e uno studio di fattibilità tecnico-economica per la realizzazione di un impianto su scala industriale, finalizzato alla produzione di syngas partendo da gas di cokeria o da gas generati dalla pirolisi di sostanze che contengono matrici organiche (ad esempio RUB).

Per tale ricerca è stata depositata Domanda di Brevetto [1].

### "Membrane contactors" per l'assorbimento della CO<sub>2</sub> in ambito industriale

**Titolo del progetto:** Recupero e valorizzazione di anidride carbonica da effluenti gassosi industriali tramite applicazione di un'innovativa tecnologia a membrane.

**Soggetti coinvolti:** IPLM SpA, Italiana Coke Srl, Servizi Industriali Genova, SIGE Srl, IREOS Laboratori Srl, Università degli Studi di Genova (DCCI e DICCA). Idea Progettuale: TICASS Scrl.

**Strumento di finanziamento:** Bando attuativo del programma attuativo regionale ex Fas 2007-2013 Progetto 4 "Programma triennale per la ricerca e l'innovazione: progetti integrati ad alta tecnologia".

**Budget progetto:** 2.184.136,85 euro

	ALIMENTO	EFFLUENTE	
T reattore	/	1600	1700
R(H <sub>2</sub> /CO)	3,41	5,50	4,85
R(H <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub> )	2,84		
Componente	% sul secco		
H <sub>2</sub>	43,65	65,90	67,66
O <sub>2</sub>	2,16	2,23	0,11
N <sub>2</sub>	10,00	10,00	10,00
CO	12,79	11,99	13,95
CH <sub>4</sub>	15,39	0,00	0,00
CO <sub>2</sub>	10,99	9,81	8,16
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,64	0,00	0,00
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,49	0,00	0,00
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,15	0,00	0,00
H <sub>2</sub> S	0,20	0,06	0,12
NH <sub>3</sub>	0,11	0,004	0,004
Benzene	0,50	1,32E-05	1,49E-06
Toluene	0,09	6,25E-06	1,50E-06
Etilbenzene	5,81E-04	3,97E-06	2,25E-06
Xileni	0,01	6,53E-06	3,53E-06
Naftalene	0,25	2,36E-06	3,47E-06
IPA 3-4 anelli	0,90	1,85E-08	2,24E-07
IPA 5+ anelli	0,66	1,75E-08	1,32E-08

Tab. 1

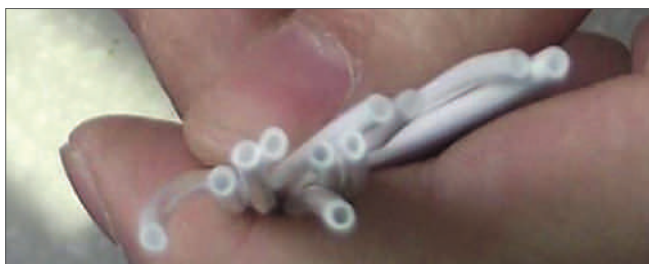


Fig. 3 - Foto illustrative delle membrane utilizzate per il recupero della CO<sub>2</sub> da correnti gassose

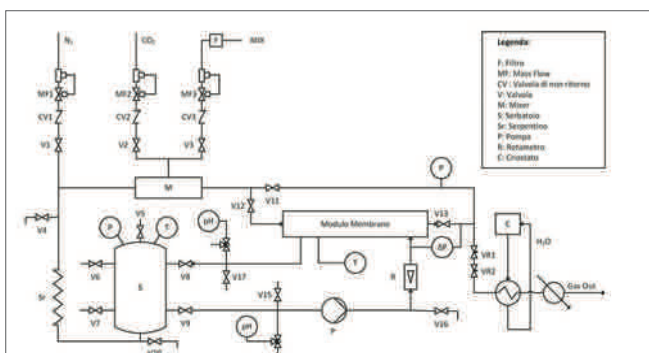


Fig. 4 - Schema dell'impianto pilota per la purificazione del gas da reforming prodotto da IPLOM, realizzato nell'ambito del progetto presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università degli Studi di Genova

**Durata del progetto:** biennale.

Il processo sviluppato nell'ambito del progetto è in grado di rimuovere la CO<sub>2</sub> da qualunque corrente gassosa e si presta per la purificazione di gas, quali il biogas, fumi da processi di combustione e da processi chimici. Il processo permette, infatti, di assorbire la CO<sub>2</sub> da una corrente gassosa evitando il contatto diretto con la soluzione liquida. È stata inoltre valutata la possibilità di recuperare la CO<sub>2</sub> con purezza elevata e riutilizzarla a scopi alimentari, in processi chimici e fotosintetici.

L'impiego di "membrane contactors" (Fig. 3) comporta notevoli vantaggi rispetto ai convenzionali processi di assorbimento: elevata superficie di contatto, elevate efficienze di separazione, semplicità nel dimensionamento del modulo di assorbimento, maggiore compattezza e possibilità di modulazione rispetto ai sistemi di assorbimento tradizionali.

Lo studio ha previsto la realizzazione di due impianti pilota (Fig. 4 e 5) che utilizzano correnti gassose da processi industriali, nello specifico da steam reforming del metano per produzione di idrogeno ultra puro (IPLOM SpA) e da combustione all'uscita di un sistema di cogenerazione di una cokeria (Italiana Coke Srl), le cui composizioni sono riportate in Tab. 2.

Sono state investigate, tra l'altro, le condizioni operative ottimali (temperatura, pressione, composizioni e portate delle correnti coinvolte) per la conduzione industriale del processo alternativo studiato, e sono state valutate le caratteristiche delle soluzioni liquide assorbenti, tenendo conto non solo della velocità globale del processo di trasferimento della CO<sub>2</sub> dalla fase gassosa a quella liquida, ma anche della capacità di carico e della facilità di rigenerazione; una particolare attenzione è stata dedicata inoltre alla possibile degradazione delle caratteristiche delle membrane a seguito di un contatto prolungato con i liquidi assorbenti.

Un'area di ricerca molto attiva sia nel settore scientifico che in quello industriale è focalizzata su soluzioni assorbenti contenenti una miscela di due o più reagenti. Le ammine primarie e secondarie comunemente usate nei processi industriali infatti, pur essendo molto reattive, presentano modeste capacità di carico e richiedono elevati costi di rigenerazione. Le ammine terziarie, al contrario, pur avendo una bassa velocità di reazione con la CO<sub>2</sub>, presentano elevate capacità di carico, bassi costi di rigenerazione, notevole stabilità chimica. In quest'ottica una parte consistente del progetto è stata dedicata allo studio di miscele a base di metildietanolamina e piperazina in diversi rapporti e a diverse concentrazioni; uno dei risultati più significativi e innovativi è stato l'ottenimento di prestazioni estremamente soddisfacenti (Fig. 6 e 7) da un liquido assorbente in grado di combinare le proprietà desiderabili dei due componenti.

I risultati forniti dalla sperimentazione sugli impianti pilota, condotta impiegando come alimento sia miscele modello sia gas reali, hanno consentito di individuare le condizioni operative ottimali per l'impiego di soluzioni assorbenti potenzialmente innovative, costituite da miscele di metildietanolamina e piperazina, e hanno dimostrato che il processo ottimizzato è in grado di rimuovere con l'efficienza desiderata la CO<sub>2</sub> da qualsiasi effluente industriale. I molti dati raccolti in fase di esercizio hanno confermato la possibilità di applicare con successo alle miscele reali considerate l'innovativo processo di assorbimento della CO<sub>2</sub> basato sulla tecnologia del membrane contactor.

Infine uno studio ingegneristico del nuovo processo ha reso possibile, attraverso l'analisi dei bilanci di materia e di energia ricavati sia sulla

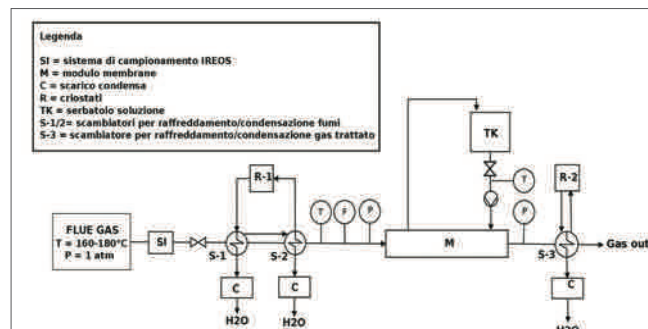


Fig. 5 - Schema dell'impianto pilota per il trattamento di gas da cokeria realizzato nell'ambito del progetto presso lo stabilimento industriale di Italiana Coke sito in Cairo Montenotte (SV)

Composizione gas IPLOM		Composizione gas Italiana Coke	
Composto	Concentrazione in volume	Composto	Concentrazione sul secco
H <sub>2</sub>	75,5%	N <sub>2</sub>	83,66%vol
CO <sub>2</sub>	17,0%	O <sub>2</sub>	11,79%vol
N <sub>2</sub>	0,3%	CO <sub>2</sub>	4,55%vol
CO	4,0%	CO	28 mg/m <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	3,2%	NOx	77 mg/m <sup>3</sup>
		SO <sub>2</sub>	2 mg/m <sup>3</sup>
		C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2,0-3,0 mg/m <sup>3</sup> (5% O <sub>2</sub> )
		C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	16 µg/m <sup>3</sup>
		IPA totali	<30 µg/m <sup>3</sup>
		Polveri	5 mg/m <sup>3</sup> (5% O <sub>2</sub> )

Tab. 2

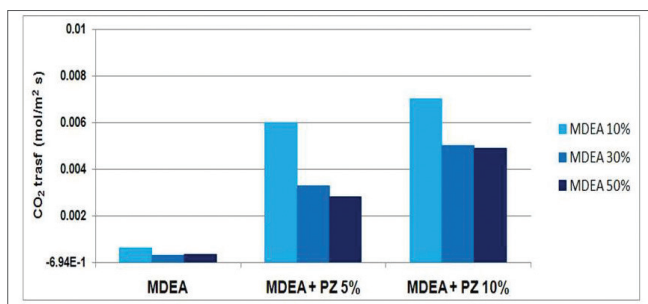


Fig. 6 - Velocità di assorbimento di diverse miscele analizzate

base dei modelli teorici sia attraverso l'elaborazione dei dati sperimentali di processo, lo scale-up dei due sistemi dedicati all'assorbimento di CO<sub>2</sub> da gas da reforming e da fumi di combustione, riuscendo con successo ad operare una minimizzazione del consumo energetico globale, uno dei punti chiave che limitano attualmente un uso più esteso di questa tecnologia.

È stata depositata Domanda di Brevetto che copre gli aspetti innovativi di interesse industriale della presente ricerca [2].

### Conclusioni e attività future

Sulla base di quanto realizzato in questi primi anni di attività [3], e dando uno sguardo al futuro, TICASS continuerà la propria attività di supporto e consulenza rivolta alle sue imprese, ma anche a soggetti esterni, su quegli ambiti specifici su cui si è costruita la propria identità, tra cui l'applicazione di elementi innovativi nei cicli produttivi, la progettazione e la realizzazione di progetti di ricerca, la promozione e la realizzazione di attività di formazione per la crescita tecnico-professionale e l'aggiornamento professionale, le problematiche ambientali e lo sviluppo di processi e prodotti sostenibili.

Per quanto riguarda in particolare il settore ambientale, TICASS intende sviluppare ed approfondire gli aspetti e le problematiche di sostenibilità associate alle attività portuali, che rappresentano uno dei principali motori economici della Liguria, dove insistono tre dei più importanti porti del Mediterraneo, dando così continuità al lavoro avviato nel settore in tempi recenti e rafforzando il suo sostegno nei confronti degli associati che operano in tale area.

Le competenze e gli interessi dei consorziati verranno ulteriormente valorizzati nell'ambito di due cluster nazionali, "Agrifood - CLAN" e "Chimica Verde - SPRING", ai quali il Consorzio TICASS ha scelto di aderire con un ruolo di riferimento per le istituzioni regionali, nonché nell'ambito di programmi di finanziamento per progetti di ricerca a livello europeo (Horizon 2020, Med, Interreg, Life+ ecc.).

Le principali idee progettuali su cui si lavorerà in tali contesti verteranno sulla valorizzazione dei rifiuti. Proprio su questa tematica, TICASS ha avviato la propria partecipazione al progetto europeo Horizon 2020 "BlueSCities", in cui porterà il proprio know-how e l'importante esperienza maturata nell'ambito dello sviluppo del Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti in Liguria, a cui il Consorzio ha partecipato attivamente. In questo contesto, le nuove proposte progettuali da sviluppare saranno rivolte al riutilizzo dei rifiuti come materia prima seconda, nonché alla produzione e trasformazione di materia organica attraverso l'utilizzo di biotecnologie e trasformazioni biochimiche, sfruttando materie rinnovabili, ampiamente disponibili sul nostro territorio regionale, quali, ad

esempio, residui di oli vegetali, prodotti derivanti da attività agricole, rifiuti urbani e rifiuti industriali.

Si tratta di un'attività che si pone in linea con uno dei principali obiettivi della strategia "Europa 2020", cioè la transizione da una "economia lineare" ad un modello di "economia circolare", basata su una società che punta ad un migliore utilizzo delle risorse e ricicla allo scopo di ridurre i rifiuti e utilizzarli come nuove materie prime seconde.

In particolare, l'obiettivo di TICASS è quello di contribuire alla produzione di molecole di interesse industriale alternative ai prodotti di origine minerale a partire da fonti rinnovabili. Una notevole attenzione verrà inoltre rivolta alle tematiche della Green Energy e della Blue Energy, col fine di mettere a sistema il recupero e l'utilizzo ottimale dell'energia termica e di quella elettrica; in tale ambito ci si focalizzerà sulla produzione di energia con sistemi non consolidati con l'obiettivo di valorizzare la produzione di metano pulito a partire da biogas.

In aggiunta, considerando le competenze specifiche presenti presso gli associati al Consorzio riguardanti la sintesi, la formulazione e la caratterizzazione dei materiali, TICASS considererà le attività di ricerca sui nuovi materiali, in particolare con caratteristiche polifunzionali, come tematica prioritaria.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Domanda di brevetto "Processo e impianto per la trasformazione di effluenti gassosi generati da processi di pirolisi o gassificazione di materiali di natura organico-biologica o minerale", GE2015A000022 depositato il 16/02/2015.
- [2] Brevetto n° 001415649 "Processo ed impianto per la rimozione di CO<sub>2</sub> da correnti gassose e recupero della stessa", rilasciato il 29/04/2015.
- [3] AA.VV. Report Attività 2012/2014, Genova, 20 febbraio 2015 [www.ticass.it](http://www.ticass.it)

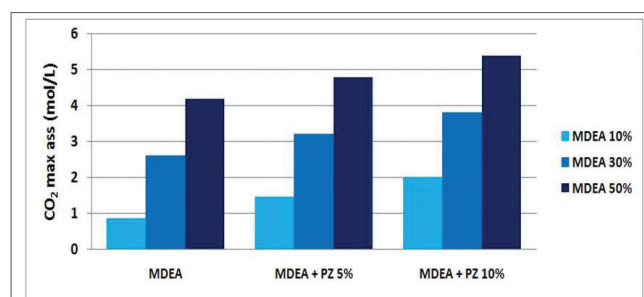


Fig. 7 - Capacità di carico di diverse miscele analizzate

### TICASS: Research, Innovation and Technology Transfer for Sustainable Development

TICASS is a non-profit consortium including public research bodies (Departments of the University of Genoa), SME's and large Companies. It is the core of the regional Innovation Hub "Energy and Environment" supported by ERDF in the Liguria Region in Italy. In this paper TICASS main activities are described, from Research and Development Projects to Training and Education. Two recent research projects, where TICASS role in catalysing aggregation between Private Companies and Research Centres is emphasised, are reported in greater details.



# GASSIFICAZIONE DI LEGNA VERGINE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E CALORE

Le energie rinnovabili sono di frequente al centro di discussioni, polemiche e contestazioni, spesso perché non si riesce a valutare le reali dimensioni dei piccoli impianti che potrebbero essere realizzati, le reali ricadute economiche, sociali, ambientali e di salute pubblica e, infine, molte volte sono utilizzati come strumenti di scontro politico. In questo articolo valuteremo una delle migliori tecnologie pulite per lo sfruttamento di questa risorsa naturale e rinnovabile.



**L**e rinnovabili in tutto il mondo stanno attirando nuovi investitori, sviluppano nuove figure professionali e danno un grosso volano alla ripresa economica che tutti si aspettano, rendendosi conto che fonti rinnovabili ed efficienza energetica sono il futuro. L'Italia, che avrebbe ancora molto da offrire, sembra aver cambiato direzione mentre siamo ancora a metà strada di quelli che sono gli obiettivi di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile: il 42% nel 2020, il 61,5% nel 2030 ed infine il 100% nel 2050. Obiettivi decisamente ambiziosi e che si scontrano con le strategie che invece sembrano andare dalla parte opposta [1]. È vero che gli obiettivi riguardo l'emissione di CO<sub>2</sub> del 2020 sono stati praticamente raggiunti, ma bisogna tener presente che un aiuto al raggiungimento di tali obiettivi è più imputabile al rallentamento delle attività economiche in seguito alla crisi economico-finanziaria che alla volontaria riduzione dell'utilizzo dei combustibili fossili (tra il 2008 ed il 2009 si è registrato un massiccio calo del 7,3% [2]).

Quando si affronta un argomento così articolato e vasto, quale la pianificazione e la produzione di energia, non si deve focalizzare l'attenzione solo su un particolare legato ad un singolo progetto, ma si deve guardare il tema "energia" nel suo complesso, osservando il contesto globale nel quale tutti noi siamo inseriti ed individuando tra i pro ed i contro i punti che possono diventare una forza per quella comunità nella quale il progetto o l'impianto rinnovabile viene inquadrato.

I problemi che la nostra società deve necessariamente affrontare sono i seguenti:

- ridurre la dipendenza dalle energie fossili (petrolio, gas e carbone);
- rispettare gli impegni dal protocollo di Kyoto del 2005 alla Cop21 di Parigi del 2015 (diminuire produzioni di gas serra);
- individuare le energie verdi che possono essere prodotte localmente in base alle specifiche del proprio territorio;
- scegliere una tecnologia affidabile e di buon compromesso in base all'ambiente circostante.

Dal punto di vista industriale, le biomasse sono la fonte rinnovabile che più si adatta alle trasformazioni chimiche e che quindi permettono alle stesse di diventare la fonte più versatile per produrre energia termica o elettrica, ma anche accumulare energia sotto forma, ad esempio, di biometano da inserire nella rete di distribuzione nazionale di gas naturale.

Dalle biomasse si può anche estrarre intermedi chimici ed infine creare i "building blocks" necessari ad alimentare la nuova industria della "bio-raffineria".

Comunemente le biomasse sono però sfruttate, secondo i detrattori, attraverso impianti simili agli inceneritori, ma dobbiamo vincere questa ormai superata concezione e fare i dovuti distinguo, visto che con le nuove tecnologie non c'è alcun incenerimento delle biomasse usate, ma più spesso abbiamo la loro trasformazione chimica sia per la produzione di energia sia come materia prima per la bio-raffineria. In particolare, le biomasse legnose, presentano numerosi vantaggi derivanti dal loro utilizzo:



- la legna è neutrale nei riguardi delle emissioni di anidride carbonica (i boschi non sono coltivati con fertilizzanti o fitosanitari come i campi di cereali, di colza o di girasole);
- il legno è una materia prima rinnovabile e l'abbattimento selezionato degli alberi deve/viene comunque effettuato per la manutenzione del territorio;
- l'utilizzo delle biomasse rispetto ai combustibili fossili ha un minore impatto sull'ambiente e sulla salute delle persone (prendendo in considerazione l'intero ciclo di produzione del petrolio, dal pozzo alla pompa di benzina, o del gas naturale, dall'estrazione o al fornello di cucina);
- la legna può costituire un vantaggio addizionale per l'agricoltura legata alla manutenzione del bosco o dei fiumi ed uno sgravio economico per la pubblica amministrazione, che attualmente è obbligata ad effettuare pulizia di boschi e fiumi senza alcun beneficio economico;
- la legna, a differenza delle altre rinnovabili, ha una produzione di energia costante nel tempo a prescindere dalle condizioni meteorologiche;
- la legna è una fonte ben distribuita sul nostro territorio;
- la manutenzione del territorio boschivo previene il degrado dei suoli ed i sempre più frequenti disastri idrogeologici. L'Italia è al quarto posto nel mondo per il numero di vittime annue causate da frane e alluvioni, con danni quantificati nell'ordine di 2 miliardi di euro annui. Secondo le "Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale", rilasciate dal Ministero dell'Ambiente, in Italia circa 4 milioni di ettari di terreno agricolo e forestale (il 13% del territorio nazionale) è a rischio di erosione e frane; servirebbero, pertanto, almeno 40 miliardi di euro per la messa in sicurezza del territorio. Denaro che potrebbe, in parte, provenire proprio dalla creazione della filiera foresta-energia;
- la creazione di impianti, sono una straordinaria opportunità di sviluppo per i territori rurali dal punto di vista economico, sociale ed ambientale: consente, infatti, di mantenerli vitali, creando la filiera legata alle rinnovabili che può rappresentare una risorsa per l'intera comunità invertendo fenomeni di spopolamento e contribuendo a un generale miglioramento della qualità della vita degli abitanti e del bilancio delle amministrazioni locali;
- in alcuni casi gli impianti a biomassa hanno prodotto ricchezza anche turistica tramite il "turismo delle rinnovabili", con scuole, professionisti, investitori, ecc. che visitano gli impianti più avanzati; in altri casi la costruzione di un impianto a legna ha promosso la nascita di altre aziende (mobilitici, allevamenti, serre, ecc.).

### La gassificazione

Tra i processi più innovativi per l'utilizzo della biomassa legnosa, la gassificazione della legna è quella più promettente, poiché ha una maggiore resa ed un minor impatto ambientale rispetto alla combustione diretta. Le biomasse utilizzate possono essere residui forestali, legno dall'industria della carta, scarti di segheria o coltivazioni energetiche realizzate su territori non coltivati per produrre alimenti per l'uomo o per gli animali, come le golene, i bacini di espansione nei pressi dei fiumi.

Tecnicamente la gassificazione è un trattamento termochimico di legna a  $T > 800\text{ }^{\circ}\text{C}$  attraverso il quale il combustibile sopra descritto è

convertito in un gas di sintesi (syngas) termochimico attraverso una parziale ossidazione in difetto di ossigeno per ottenere un gas combustibile costituito da  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e un co-prodotto solido (carbocella vegetale). Il processo nel complesso è formato concettualmente da tre fasi: una prima di pirolisi, una seconda, molto esotermica, di combustione e, infine, la conversione del carbonio in gas ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ; gassificazione propriamente detta).

Con il termine pirolisi (Fig. 1) si intende la decomposizione per via termica di un combustibile in assenza di apporto di ossigeno (tranne quello eventualmente già presente nel combustibile), con la finalità di produrre tre composti principali:

- char, un agglomerato di natura complessa, costituito principalmente da carbonio, ceneri, composti zolfo e idrocarburi volatili, e partecipano al processo di gassificazione;
- tar, composti carboniosi condensabili, che partecipano al processo di gassificazione solo in determinate condizioni termodinamiche;
- syngas.

A seconda soprattutto della rapidità del processo è possibile spostare il risultato della reazione verso le frazioni più leggere (liquidi e gas; pirolisi veloce) o pesanti (char e liquidi; pirolisi lenta).

Le principali reazioni che avvengono durante la gassificazione sono:

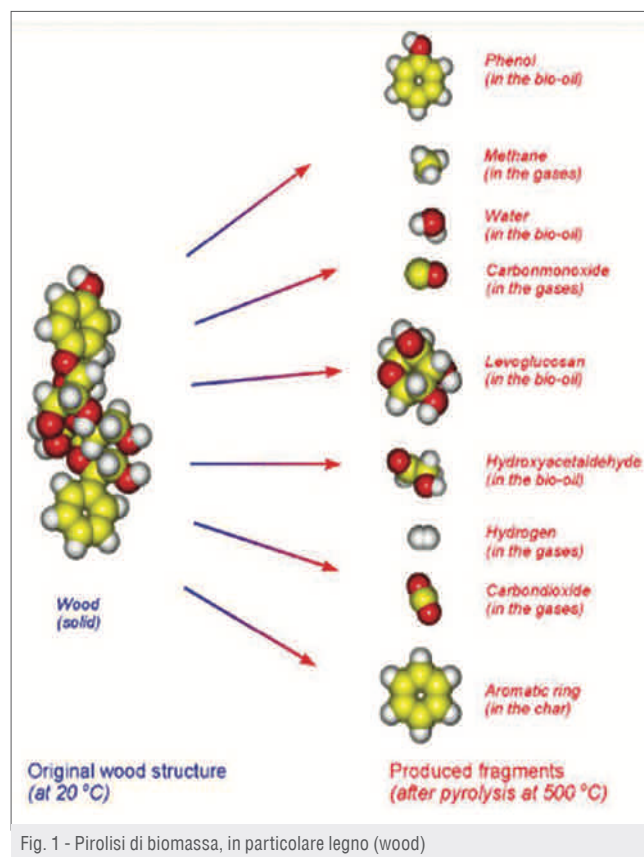
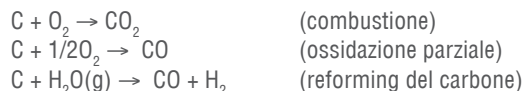


Fig. 1 - Pirolisi di biomassa, in particolare legno (wood)

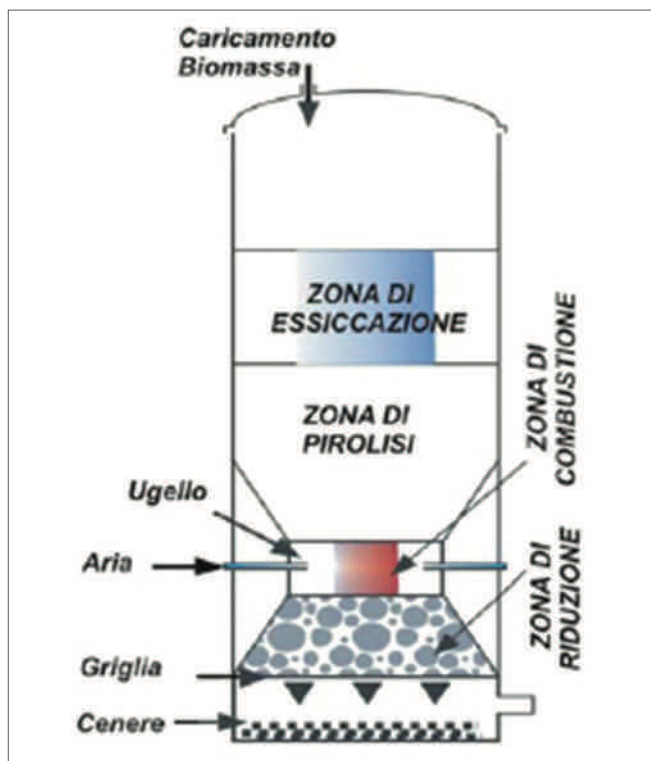
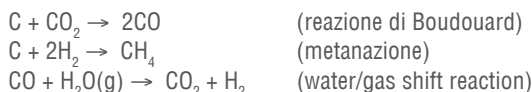


Fig. 2 - Gassificatore a letto fisso di tipo downdraft



Occorre tenere conto del fatto che l'intero processo di conversione del combustibile primario in gas di sintesi è notevolmente influenzato anche dalla cinetica delle reazioni. In effetti, la conversione dipende dal tempo di permanenza del combustibile primario all'interno del reattore e dalle condizioni termodinamiche (temperatura e pressione); all'aumentare del tempo di permanenza, della temperatura e della pressione si osservano via via maggiori percentuali di conversione del combustibile primario. Oltre alla temperatura ed alla pressione di gassificazione, fra i parametri operativi del processo risultano di notevole importanza i rapporti in massa ossigeno/carbone= $\alpha$  e vapore/carbone= $\mu$ , nonché la purezza dell'ossidante, ovvero la percentuale di ossigeno in esso contenuta.

Il gassificatore più adatto per piccole produzioni di energia elettrica (da 100 a 300 kWe) è il reattore a letto fisso downdraft (Fig. 2), dove combustibile e ossidante scendono entrambi verso il basso attraversando un letto fisso, supportati da una zona dove il diametro del reattore si riduce. Proprio in questa zona, avviene la maggior parte della reazione di gassificazione e i prodotti sono intimamente mescolati in regime turbolento e ad alta temperatura. A causa della conformazione geometrica del reattore, si raggiunge un alto tasso di conversione in prodotti leggeri di pirolisi e quindi una modesta presenza di tar nel gas di sintesi in uscita dal reattore stesso. Per questa caratteristica i gassificatori a letto fisso equi-corrente offrono buoni rendimenti se

accoppiati a generatori elettrici di piccola taglia con motori a combustione interna.

Il vantaggio della gassificazione, rispetto alla combustione, è la più facile pulizia delle emissioni inquinanti, il maggior sfruttamento dell'energia presente nella biomassa e l'utilizzo di una temperatura più elevata nella successiva combustione del syngas per produrre energia con motori endotermici (rendimento in energia elettrica 35%) o turbine (rendimento in energia elettrica 15%). La produzione di energia o di calore mediante gassificazione avviene in più stadi: lo spezzettamento della biomassa in piccole scaglie (cippato), la loro deumidificazione fino ad un contenuto di umidità <15%, la gassificazione in difetto di ossigeno nel reattore di gassificazione.

Per la pulizia del syngas, a valle del gassificatore possono essere introdotti cicloni, filtri a maniche o elettrofiltri per abbattere le polveri (smaltite opportunamente) o lavaggi ad acqua per eliminare dal syngas residui acidi o basici ed anche le polveri. L'acqua contenuta nella legna deve essere raccolta e smaltita in un sistema di trattamento acque come quello dei depuratori delle acque cittadine. A seguito della vera combustione del syngas nell'impianto di cogenerazione, che produce elettricità e calore, vengono inseriti impianti di abbattimento di  $NO_x$ , CO ed ulteriori filtri per abbattere le eventuali polveri presenti prima di immetterlo nell'ambiente.

La combustione del syngas e le emissioni di polveri sono paragonabili a quelle di un motore a GPL o gas naturale. Utilizzando le opportune tecnologie, nel suo complesso, la gassificazione delle biomasse legnose vergini è senz'altro una tecnologia pulita per produrre energia elettrica e calore.

La combustione diretta della legna ha una resa in energia elettrica inferiore (rendimento finale del 12-15% contro il 25-30% della gassificazione) ed una maggiore produzione di inquinanti.

**Il processo di gassificazione della GMP Bioenergy**

L'impianto messo a punto dalla GMP Bioenergy è costituito da 4 gassificatori che lavorano in parallelo. Lo schema di ogni singola linea è riportato nella Fig. 3:

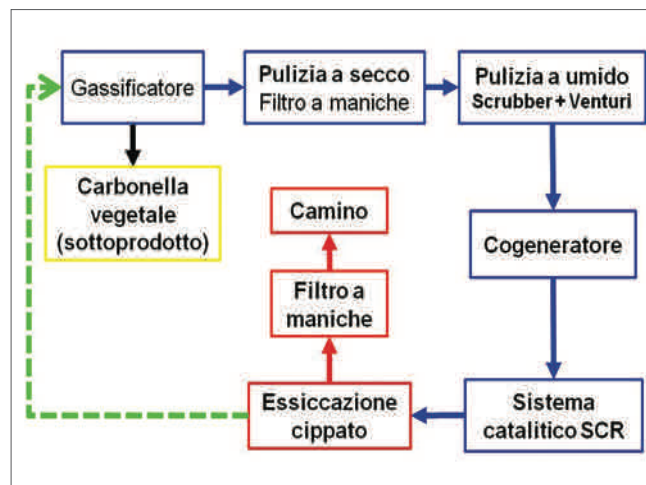


Fig. 3 - Schema di processo: linea verde tratteggiata (cippato essiccato), linea blu (syngas o gas di scarico), linea nera (carbonella vegetale), linea rossa parte in comune con più linee di gassificazione





Ogni singola linea permette di produrre un syngas con le seguenti caratteristiche:

- portata massima 350 Nmc/h (2,2 kWtermici/Nmc);
- potenza termica: 770 kWtermici;
- potenza elettrica: 250 kWelettrici;
- quantità di legna consumata: 2.500 t/anno avente la seguente composizione chimica:

$H_2 = 22-24\%$   
 $CO = 25-26\%$   
 $CH_4 = 5-6\%$   
 $C_nH_{n+2} = 1-2\%$   
 $CO_2 = 18-19\%$   
 $N_2 = 30-32\%$   
 $O_2 = 0,1\%$

### L'impianto della GMP Bioenergy

L'impianto di gassificazione ha una modularità tale che consente il recepimento di biomassa legnosa vergine di tipologia differente, con un contenuto di umidità e con una pezzatura variabile. Nella sua configurazione completa l'impianto di gassificazione è costituito dalle sezioni principali riportate di seguito.

#### Sezione di pre-trattamento della biomassa:

- *trincee di stoccaggio biomassa*; la biomassa conferita in impianto, con tenore di umidità medio del 45% e pezzatura variabile, è stoccata in trincee di stoccaggio con pavimentazione industriale ed eventualmente dotate di sistema di pre-essiccazione ottenuto tramite canalizzazione ed insufflazione a bassa velocità di aria calda a bassa temperatura (ottenuta tramite il recupero di calore dal raffreddamento degli intercooler e delle camicie/pistoni dei gruppi elettrogeni). La platea può essere sormontata da una tettoia con la funzione di proteggere la biomassa stessa dagli agenti atmosferici e permettendo un'essiccazione "naturale" tramite ventilazione;
- *tramoggia di carico*, sormontata da una tettoia con la funzione di proteggere la biomassa stessa dagli agenti atmosferici e dotata di coclea di alimentazione del cippato di legno al vaglio;
- *vaglio rotativo*, utilizzato per standardizzare la pezzatura della biomassa (dai 2 ai 5 cm circa) e costituito principalmente da un cilindro ad asse orizzontale posto in rotazione e dotato sulla sua superficie laterale di forature di varie dimensioni; durante il movimento, il cippato di legna percorre il cilindro assialmente, con conseguente caduta verso il basso dei componenti della biomassa stessa di dimensioni inferiori ai fori stessi. Il vaglio alimenta il cippato selezionato all'essiccatore;
- *n. 2 essiccatori*; gli essiccatori ricevono il cippato di legno tagliato, attraverso un sistema di coclee di trasporto, e ne permettono l'essiccazione fino ad un contenuto di umidità residua massima del 6%. Il calore utilizzato per l'essiccazione della biomassa deriva dalla captazione e dal convogliamento dei fumi di scarico dei motori endotermici. In uscita ai due essiccatori i fumi sono convogliati e riuniti in un unico condotto di espulsione in atmosfera ad una temperatura di circa 100°C, previo trattamento con un filtro a maniche per l'abbattimento delle polveri. A valle dei due essiccatori è posto un ventilatore deputato all'aspirazione dei gas caldi;

- *n. 2 silos di stoccaggio*, ognuno di capacità di circa 60 mc, al cui interno è immagazzinata la biomassa essiccata. All'interno di ogni silos si trovano una serie di spintori e coclee per l'estrazione e il convogliamento della biomassa al sistema di carico del dosatore e quindi del reattore.

#### Sezione di gassificazione:

È costituita da 4 linee di gassificazione e relative linee di pulizia syngas, ognuna delle quali risulta composta da:

- *dosatore*; la biomassa in uscita dai silos di stoccaggio è trasportata pneumaticamente nel dosatore al cui interno una coclea provvede a trasferire la biomassa stessa dal dosatore al reattore, realizzandone appunto il carico secondo automatismi gestiti dal PLC; una serie di valvole a tenuta stagna impediscono, in fase di carico del reattore, all'aria esterna di entrare nel reattore;
- *reattore di gassificazione*, di tipo downdraft a letto fisso con carica della biomassa nella parte superiore e aspirazione dell'aria dalla parte inferiore. Il reattore è dotato di un primo sistema di raffreddamento interno ad aria; la stessa, una volta riscaldata e arricchita in ossigeno, è utilizzata per l'alimentazione del gassificatore stesso, aumentandone il rendimento di conversione della biomassa in syngas. La parte inferiore del reattore, raffreddata ad acqua, raccoglie il carbone e le ceneri eliminate dal sistema ed estratte con un sistema di coclee con chiusure a tenuta stagna al fine di impedire l'ingresso di aria. Il carbone che è estratto dal reattore è raccolto in appositi contenitori completamente chiusi al fine di non avere fenomeni di polverizzazione del carbone stesso verso l'esterno; sempre nella zona inferiore, quattro botole di ispezione consentono di effettuare l'ispezione e la manutenzione della griglia del reattore. Nella parte superiore il reattore è dotato di un ulteriore passo d'uomo di ispezione, di una valvola di sovra-pressione debitamente dimensionata, nonché di un disco di rottura per prevenire possibili esplosioni. L'interno del reattore è realizzato in materiale refrattario resistente alle elevate temperature raggiunte in fase di gassificazione pari a circa 1.200 °C; temperature di lavoro così elevate e geometrie interne del reattore appositamente dimensionate permettono di evitare un'eccessiva formazione di TAR;
- *sistema di estrazione e stoccaggio della carbonella*; nella parte bassa del reattore di gassificazione è presente un sistema di coclee, per la rimozione del carbone prodotto durante la fase di gassificazione stessa e il suo stoccaggio all'interno di contenitori sigillati per evitare la dispersione di polveri;
- *sistema di filtrazione a ciclone*; il syngas in uscita dalla parte alta del reattore attraversa un mini-ciclone per la rimozione delle particelle di carbone trasportato dal flusso gassoso stesso;
- *sistema di filtrazione a secco* (in fase di sperimentazione); filtrazione del syngas su setto ceramico pulizia degli stessi tramite soffi in controcorrente di gas inerte. Questo sistema è il metodo che garantisce i più elevati rendimenti di captazione e soprattutto i più bassi costi di gestione a medio lungo termine (smaltimento rifiuti, smaltimento setti filtranti esausti, ecc.). La sezione del filtro è circolare per meglio sopperire alle inevitabili dilatazioni termiche ed alle elevate depressioni che il processo richiede. Il dimensionamento del filtro (velocità di filtrazione e velocità ascensionale) è stato eseguito al fine di ottenere una concentrazione di polvere a valle del filtro <5 mg/Nm<sup>3</sup>;



- *sistema di raffreddamento e lavaggio del syngas*; il syngas prodotto nel reattore necessita di essere raffreddato e depurato. Il lavaggio con acqua permette di abbassare la temperatura del syngas tra i 20-30 °C e di rimuovere le polveri più fini sfuggite non catturate dal ciclone depolveratore. Un demister allontana dal flusso di syngas l'acqua trascinata dalla reazione stessa. L'acqua di lavaggio è in circuito chiuso e collegato a uno scambiatore a piastre, il cui circuito secondario è costituito da un circuito aperto in torre evaporativa per il raffreddamento alla temperatura di bulbo umido dell'acqua di lavaggio stessa;

- *sistema di raffreddamento dell'acqua di lavaggio*; l'acqua di lavaggio della sezione di raffreddamento e lavaggio del syngas è in circuito chiuso e collegato a uno scambiatore a piastre, il cui circuito secondario è costituito da un circuito aperto in torre evaporativa (o in sistemi adiabatici) per il raffreddamento alla temperatura di bulbo umido dell'acqua di lavaggio stessa;

La sezione di gassificazione è completata da:

- *n. 4 torce di emergenza* (una per ogni linea di gassificazione); la torcia di emergenza è utilizzata in fase di accensione e spegnimento dell'impianto e in caso d'interruzione del flusso di syngas verso i motori stessi;

- *sezione di stoccaggio criogenico di ossigeno*; l'ossigeno è utilizzato per migliorare il processo di gassificazione della biomassa all'interno dei reattori, per ottenere una riduzione delle acque di processo e delle quantità di ceneri prodotte. L'ossigeno criogenico è stoccato in forma liquida all'interno di un serbatoio criogenico della capaci-

tà di 10 mc; completano l'installazione della sezione di stoccaggio dell'ossigeno la realizzazione di una piazzola recintata dove verrà installato il serbatoio criogenico e relativo evaporatore.

#### **Sezione di potenza:**

- *n. 8 gruppi elettrogeni* (998 kWe); la sezione di produzione di energia elettrica è costituita da n. 8 gruppi elettrogeni tipo marca IVECO MOTORS modello CURSOR 13 serie GS (oppure da Motori MAN), con potenza in COP pari a 124-125 kWe-155 kVA-50 Hz, in assetto cogenerativo e in allestimento a container insonorizzato. Il singolo gruppo elettrogeno è costituito da un motore endotermico a ciclo Diesel (o a ciclo otto nel caso dei motori MAN) in configurazione Dual-Fuel, con un'alimentazione a syngas e a gasolio; la quantità di gasolio consumata è di circa 1 l/h ed ha lo scopo di fungere da candela di accensione del gas e permettendo al motore endotermico di non spegnersi durante eventuali fasi altalenanti di produzione di syngas, a favore della maggior sicurezza dell'intero impianto. La quantità di energia elettrica prodotta dall'intero impianto imputabile all'utilizzo del gasolio come combustibile è inferiore al 5% dell'energia elettrica totale prodotta, permettendo di classificare l'impianto come impianto interamente alimentato a fonti rinnovabili. Il motore endotermico è dotato di quadro di parallelo, con sincronoscopio, per permettere l'immissione in sincronismo dell'energia elettrica prodotta nella rete elettrica nazionale; all'interno del quadro sono presenti relè di protezione contro sovra-correnti e sbalzi di tensione causanti micro-interruzioni nella rete elettrica nazionale.

#### **Il motore endotermico è in assetto cogenerativo:**

- sul circuito di raffreddamento dell'intercooler e delle camicie e pistoni (normalmente raffreddati ad aria tramite aeroterme calettato con trasmissione a cinghia all'albero motore del motore endotermico stesso), è installato un sistema di recupero calore in acqua calda, eventualmente utilizzata per la fase di prima essiccazione della biomassa nella platea di stoccaggio;

- i fumi di scarico sono convogliati all'essiccatore rotante, previo trattamento per l'abbattimento delle concentrazioni degli inquinanti (CO, NO<sub>x</sub>) per consentire l'essiccazione della biomassa. I fumi non convogliati all'essiccatore (evento che si verifica solo in caso d'emergenza e saltuariamente) sono emessi in atmosfera.

#### **Sezione di trattamento degli effluenti gassosi**

Secondo il criterio delle BAT (Best Available Techniques), la linea di abbattimento degli inquinanti è costituita da un sistema catalitico SCR di riduzione degli NO<sub>x</sub> e di ossidazione del CO; seguito da un sistema di captazione delle polveri a filtro maniche. Il sistema SCR permette una drastica riduzione delle emissioni dannose e i cattivi odori contenuti nei gas di scarico permettendo il rispetto delle normative ambientali in materia per lunghi periodi di funzionamento; infatti il dispositivo ha un rendimento superiore al 90% per la riduzione degli NO<sub>x</sub> (attraverso l'iniezione di una soluzione di urea al 40%) e 95% per l'ossidazione del CO.

#### **Gestione dell'impianto**

L'impianto viene gestito da personale che sovrintende le normali operazioni di approvvigionamento del combustibile e di conduzione



dell'impianto stesso, che risultano:

- scarico della biomassa nelle trincee di stoccaggio;
- selezione e trasferimento della biomassa verso la tramoggia di alimentazione del vaglio con impiego di pala gommata od analogo mezzo di trasporto;
- controllo del ciclo di alimentazione del vaglio;
- stoccaggio del sotto-vaglio in uscita dal vaglio;
- controllo dei parametri di funzionamento dell'essiccatore;
- controllo del sistema pneumatico di alimentazione delle linee di gassificazione;
- controllo delle sezioni di scarico della carbonella;
- controllo delle sezioni di lavaggio e pulizia syngas;
- controllo dei sistemi di raffreddamento dei vari circuiti (lavaggio syngas, fondo reattore, etc.);
- controllo di tutta la strumentazione della sezione di stoccaggio dell'ossigeno criogenico;
- controllo dei circuiti di recupero calore (fumi di scarico, raffreddamento camicie/pistoni, raffreddamento intercooler, etc.);
- controllo dei componenti della sezione di abbattimento delle sostanze inquinanti negli effluenti gassosi (sistema SCR, filtri a maniche);
- controllo di tutta la componentistica meccanica, in movimento continuo od alternato, e quindi soggetta ad usura (valvole, serrande, ventilatori, etc.);
- sostituzione olio motore ogni circa 350/400 h (15 gg.) e sostituzione contemporanea dei filtri a sostituzione iniettori dei motori circa ogni anno;
- sostituzione del motore base ogni 20/30.000 ore in relazione allo stato di usura;

Complessivamente i dati tecnici dell'impianto con 4 linee di gassificazione, che occupa circa 1.000 mq di un capannone industriale con un'altezza di circa 8 metri, sono riportati nella Tab. 1.

### Approvvigionamento legna

Negli ultimi cinquant'anni la superficie occupata da boschi in Italia è praticamente raddoppiata (da 5,5 milioni di ettari censiti nel 1959 ai quasi 11 milioni del 2010) ed il prelievo equivale a poco meno del 25% dell'incremento annuo di biomassa prodotta. Numerose sono le regioni in Italia che possiedono migliaia di tonnellate anno di legna potenzialmente utilizzabile per questi impianti, permettendo la potenziale realizzazione di decine di impianti come questi capillarmente distribuiti nel territorio.

Inoltre, visto che la legna ha una bassa densità energetica (2.100-2.400 kcal/kg rispetto ai 9.000 kcal/kg dell'olio vegetale) e che i costi di trasporto incidono considerevolmente la conversione della legna è conveniente se questa viene raccolta in un raggio limitato fra 50-80 km [3].

### Inquinanti

Come riportato in una precedente pubblicazione [4], la quantità di inquinanti emessa da un impianto per la produzione di energia elettrica attraverso la gassificazione di legna vergine è così sintetizzabile:

- IPA e diossine: relativamente alla produzione di diossine l'ambiente nel quale avviene la gassificazione è estremamente avverso alla formazione delle stesse. Le diossine si formano come combinazione tra componenti organici, con anelli benzenici, e cloro a temperature comprese tra i 250 ed i 600 °C. Nella zona di gassificazione la tem-

peratura è superiore agli 800 °C, l'ambiente è povero di ossigeno e ricco di idrogeno (H<sub>2</sub>) con il quale il cloro reagisce dando origine ad acido cloridrico gassoso (HCl) che viene abbattuto all'uscita del reattore attraverso un sistema di lavaggio che utilizza una soluzione acquosa (insieme ad altre sostanze come H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, ecc.). Bisogna poi considerare che il cloro, nel legno, è solitamente molto basso (circa 0,01% in peso) e durante la gassificazione reagisce con l'idrogeno e con tutti gli altri metalli alcalini presenti in quantità decisamente maggiori tra lo 0,1 e lo 0,3% (Ca, Na, K, Mg, ecc.) formando sali clorurati che andranno ad accumularsi principalmente nella carbonella vegetale in uscita dal reattore (costituendo i solidi totali della carbonella) ed in misura minore nella condensa prodotta all'uscita dal reattore [5];

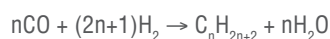
- polveri sottili: l'impianto a gassificazione di legna, che utilizza 12.000 tonnellate anno di cippato ed 8 cogeneratori da 125 kWe l'uno, ha una emissione di polveri compresa da 3 a qualche decina di camini aperti o stufe tradizionali, che utilizzano complessivamente da 60 a 120 volte meno legna dell'impianto in questione [6-11];
- metalli pesanti: in numerosi articoli viene riportato come i metalli pesanti presenti nella legna si concentrino e si trovino solamente nelle differenti frazioni solide (carbonella, fly ash, ecc.), mentre nessun metallo pesante finisce nel syngas [12-14];
- altri inquinanti: relativamente agli altri inquinanti emessi da un impianto che utilizza la cogenerazione, come NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub> e idrocarburi incombusti (HC), attraverso l'installazione di un buon sistema catalitico questi composti possono essere abbattuti fino a raggiungere valori inferiori o paragonabili a quelli delle emissioni degli autoveicoli che circolano nelle strade di tutta Italia. Confrontando i limiti di legge imposti dalla normativa sugli scarichi degli automezzi Euro V ed i limiti imposti dal decreto sulle rinnovabili non fotovoltaiche del 6 luglio 2012, in pratica l'impianto a gassificazione di legna ha le stesse emissioni di 4 SUV di 4.0 cc di cilindrata, o di 7 furgoni 3.0 cc di cilindrata oppure se preferite di 12 Punto 1.4 multijet; autoveicoli che circolano a centinaia nelle strade di tutta Italia.

### Applicazioni alternative

L'impianto della GMP Bioenergy è modulabile in quanto è possibile far funzionare correttamente 2 linee su 4 senza alcun problema e possono essere realizzati impianti specifici con una linea di funzionamento o con 6 linee, o più, che lavorano in parallelo, ad esempio per generare gas sufficiente ad alimentare un motore più grande, rispetto ai 2 da 125 kWe utilizzati per l'impianto qui descritto, oppure per alimentare impianti di trasformazione del syngas prodotto.

Tra i possibili utilizzi del syngas si fa sempre più strada la progettazione e la realizzazione delle cosiddette "bio-raffinerie". Questi impianti attraverso l'utilizzo delle biomasse come tali (oli vegetali) o attraverso la produzione di biogas o syngas possono produrre intermedi di sicuro interesse.

Il biogas attraverso le reazioni di reforming o steam reforming del metano può essere utilizzato per la produzione di metanolo; mentre il syngas, attraverso la reazione di Fischer-Tropsch, si può portare alla produzione di bio-metanolo, bio-etanolo, benzine e diesel di origine organica:

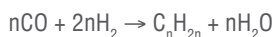




Tab. 1 - Dati tecnici impianto di gassificazione

DATI GENERALI IMPIANTO	Potenza Impianto a Gassificazione di cippato di legno [kWe]				998
	Ore annue di funzionamento [h/anno]				7.500
	Potenza termica al focolare dell'Impianto [kWt]				3.866
ALIMENTAZIONE IMPIANTO	Cippato in ingresso all'impianto	Potere Calorifico [kW/kg]	Umidità [%]	Quantità [kg/h]	
		2,51	45	1.540 <b>*a)</b>	
ALIMENTAZIONE REATTORE	Cippato in ingresso al reattore	Potere Calorifico [kW/kg]	Umidità [%]	Pezzatura [mm]	Densità [kg/mc]
		4,87	<6	30-80	250-300
	Ossigeno liquido				Quantità [mc/h]
					20-30 <b>*b)</b>
SYNGAS	Syngas in uscita dai 4 reattori con Composizione Media:  H <sub>2</sub> =22-24% CO=25-26% CH <sub>4</sub> =5-6% C <sub>n</sub> H <sub>n+2</sub> =1-2% CO <sub>2</sub> =18-19% N <sub>2</sub> =30-32% O <sub>2</sub> =0,1%	Potere Calorifico [kW/Nmc]	Densità [kg/Nmc]	Quantità [Nmc/h]	
		2,2	1,001	1.400	
CARBONE	pezzatura piccola mista a polvere	Potere Calorifico [kW/kg]	Densità [kg/mc]	Quantità [kg/h]	
		6,9	70-100	40-70	
SEZIONE DI POTENZA	n. 8 gruppi elettronici CURSOR-13 FPT da 124 kWe cadauno (1000 kWe totali)	Potenza Termica da Camicie/Pistoni [kWt]			900
		Potenza Termica da Fumi [kWt]			800
		Portata Fumi [Nmc/h]			6.000
		Temperatura Fumi [°C]			420
		Consumo di Gasolio [l/h]			8 <b>*c)</b>
		Consumo di UREA nel reattore SCR [l/h]			3,5 <b>*d)</b>

\*a) pari a 10 autotreni alla settimana - \*b) pari a 1 autotreno alla settimana - \*c) pari a 1 autotreno ogni 4 mesi - \*d) pari ad una mini botte da 5000 litri ogni 40 gg



Data la produzione di 1.400 Nmc/h divisa in 4 linee, di fatto l'impianto realizzato per la produzione di energia elettrica potrebbe essere utilizzato per produrre syngas, che, opportunamente pulito, servirebbe ad alimentare un impianto di Fischer-Tropsch, permettendo di trasformare ed accumulare l'energia prodotta dai reattori in più consoni composti organici di usuale uso e stoccaggio (bio-benzine e bio-diesel) [15, 16].

### Conclusioni

Incentivi e scelte tecnologiche meno impattanti della combustione diretta delle biomasse lignocellulosiche, quali la gassificazione o la pirolisi, oltre alla fermentazione, per la produzione di syngas, biolio, biometano, etanolo, ecc., grazie a tecnologie che stanno uscendo dalle fasi sperimentali [3, 17] possono diventare delle eccezionali possibilità sia per la produzione di energia elettrica e termica distribuita, sia per la produzione di combustibili di origine naturale, come i bio-carburanti.

La gassificazione da legna vergine può quindi diventare una delle risposte, dal punto di vista energetico, ambientale e sanitario, per ridurre la nostra dipendenza dalle fonti fossili, per utilizzare al meglio il nostro territorio e quindi inserire a pieno titolo le biomasse tra le fonti d'energia rinnovabile a basso impatto ambientale, a favore dell'intera umanità e dell'ambiente [18].

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Dossier Stop Rinnovabili, Legambiente 24/11/2015.
- [2] Europa 2020, rapporto di Eurostat. <http://www.politicheeuropee.it/>
- [3] C.M. Van der Meijden, H.J. Veringa, L.P.L.M. Rabou, *Biomass and Bioenergy*, 2010, **34**(3), 302.
- [4] M. Livi, *Chimica e Industria*, 2014, **96**(2), 20.
- [5] H.K. Chagger *et al.*, *Applied Energy*, 1998, **60**, 101.
- [6] S. Ghafghazi *et al.*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, **15**, 3019.
- [7] V. Francescato, E. Antonini, La combustione del legno fattori di emissione e quadro normativo, Aiel (Associazione Italiana Energie Agroforestali).

- [8] Progetto APAT-ARPA Lombardia stima dei consumi di legna da ardere per riscaldamento ed uso domestico in Italia, 2008.
- [9] C. Pastorello *et al.*, *Atmospheric Environment*, 2011, **45**, 2869.
- [10] T. Nussbaumer *et al.*, 2008, Particulate Emissions from Biomass Combustion in IEA Countries. Survey on measurements and Emission Factors. On behalf of International Energy Agency (IEA) Bioenergy Task 32, Swiss Federal office of Energy (SFOE). ISBN 3-908705-18-5, [www.ieabcc.nl](http://www.ieabcc.nl) or [www.verenum.ch](http://www.verenum.ch).
- [11] J. Brandin, M. Tunér, I. Odenbrand, Swedish Energy Agency Report. Small Scale Gasification: Gas Engine CHP for Biofuels, 2011.
- [12] P. Vervaeke *et al.*, *Biomass and Bioenergy*, 2006, **30**, 58.
- [13] D. Porbatzki *et al.*, *Biomass and Bioenergy*, 2011, **35**, S79.
- [14] R.S. Martin, S.E. Manahan, *Chemosphere*, 1998, **37**(3), 531.
- [15] J. Hu, F. Yu, Y. Lu, *Catalysts*, 2012, **2**, 303.
- [16] A. Faaij *et al.*, in Proc. of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, D.J. Williams (Ed.), CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 2001, pp. 1145-1151.
- [17] A. Demirbas, *Energy Conversion and Management*, 2009, **50**(11), 2782.
- [18] W. Fleuren *et al.*, Opportunities for a 1,000 MWe biomass-fired power plant in the Netherlands, 2005, Greenpeace Netherlands and E.ON Benelux.



### Gasification of Virgin Wood for the Production of Electricity and Heat

Renewable energies are often at the center of discussions, controversies and disputes, often because they are unable to assess the actual size of the small plants that could be realized, the real economic impact, social, environmental and public health and, ultimately, too often are used as instruments of political confrontation. In this article we will assess what are the actual emissions from plants using wood biomass that rise and rise a little everywhere.

# FEEDSTOCK RECYCLING DI RIFIUTI COSTITUITI DA PLASTICHE MISTE MEDIANTE PIROLISI

Il tasso di crescita di rifiuti in plastica su scala mondiale è del 5%, ma la loro gestione sostenibile legata al riciclo meccanico è limitata dalla loro estrema eterogeneità. Il feedstock recycling termochimico, frammentando le lunghe catene polimeriche, offre indubbi vantaggi di flessibilità per il trattamento di miscele polimeriche complesse e/o caratterizzate da un forte grado di contaminazione di materiali estranei.



L'industria della plastica è un traino per l'economia mondiale con un ritmo di crescita annuale del 5% solo in parte rallentato dalla crisi del 2008 [1]. Come è possibile osservare dalla Fig. 1, il settore degli imballaggi ricopre la quota maggiore, risultando il principale responsabile di rifiuti generati e per il quale è stata concepita la "Direttiva Imballaggi" [2]. La grande maggioranza degli imballaggi, inoltre, diventa rifiuto nel giro di un anno da quando sono messi in commercio o dopo un singolo uso, in quanto spesso si tratta di prodotti "usa e getta". I polimeri maggiormente impiegati per il packaging sono: polietilene ad alta (HDPE) e a bassa densità (LDPE), polipropilene (PP), polistirene rigido (PS) ed espanso (EPS), polivinilcloruro (PVC) e polietilentereftalato (PET). L'obiettivo di riciclo del 2008 [2], pari ad appena il 22,5% non è stato raggiunto da tutti i Paesi dell'UE a 27 [3]. Ciò è dovuto da una parte alla complessità della miscela polimerica e dall'altra all'elevato grado di contaminazione da frazioni estranee. Occorre ricordare che il riciclo meccanico richiede un elevato grado di purezza delle singole frazioni polimeriche da separare [4, 5]. Come conseguenza, si genera un residuo del 45% a valle de-

gli impianti di trattamento e selezione [6]. Questo materiale è composto da un misto poliolefinico contaminato da scarti alimentari, carta, vetro, inerti ed è noto in Italia con la denominazione di "plasmix". La frazione in plastica presenta una composizione polimerica caratterizzata dai seguenti intervalli di variabilità: per il 40-50% da PE, per il 20-30% da PP, per il 10-20% da PS, per il 5-10% da PET e, infine, per il 2-4% da PVC [7-9]. Pur essendovi esempi di plasmix riciclato, risulta che le caratteristiche fisiche del manufatto finale sono inferiori a quelle ottenibili da polimeri vergini.

La valorizzazione della plastica è prevista anche per i rifiuti da beni durevoli (vedi Fig. 1). Per i rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) il D.Lgs. 49/2014 stabilisce entro il 2018 un obiettivo di recupero di almeno il 75% [10]. Di particolare interesse sono i dispositivi appartenenti al raggruppamento R4 (elettronica di consumo, telecomunicazioni, informatica, piccoli elettrodomestici) che contengono fino al 35% in peso di plastica, la cui composizione include oltre 15 tipologie diverse di polimeri e un impiego intensivo di additivi [11].

Oltre il 50% dei polimeri utilizzati nel settore è di natura stirenica (acrilonitrile-butadiene-stirene (ABS), polistirene ad alto impatto (HIPS), polistirene (PS)) soprattutto nella fabbricazione del rivestimento esterno della maggior parte dei dispositivi elettronici, ad eccezione dei telefoni cellulari, il cui involucro è spesso costituito da policarbonati; le plastiche sono presenti anche nelle schede elettroniche, principalmente politereftalati come il PBT (polibutilentereftalato) e poliammidi (PA), costituendone tra l'1 e il 3% del peso complessivo [11, 12].

Nelle plastiche da RAEE, soprattutto in quelle a contatto con i circuiti elettronici, non è infrequente la presenza di additivi ritardanti di fiamma a base di idrocarburi policiclici aromatici alogenati (PAH) e in combinazione con il triossido di antimonio. Nonostante la loro messa al bando, molte di queste sostanze sono presenti

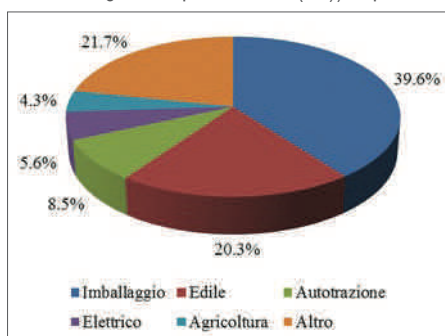


Fig. 1 - Distribuzione del mercato della plastica per settori di impiego (fonte: Plastics Europe 2015 [1])





ancora nei dispositivi elettrici ed elettronici fabbricati prima della Direttiva RoHS 2011/65/CE [13]. Anche in questo caso, eterogeneità, presenza di additivi e sostanze pericolose e dimensioni ridotte dei dispositivi rendono difficile se non impossibile il riciclo tradizionale.

Il riciclo meccanico, al di là delle questioni di eterogeneità delle plastiche da rifiuto, non può essere ripetuto per un numero di cicli indefinito poiché la macinazione, la parziale fusione e la successiva estrusione implicano la progressiva riduzione della massa molecolare, l'aumento di fenomeni di reticolazione e di disordine delle catene polimeriche, con la conseguente perdita delle proprietà chimico-fisiche rispetto al polimero vergine.

Un'alternativa è rappresentata dal *feedstock recycling* termico o pirolisi, che promuove la scissione delle catene polimeriche, in ambiente inerte, a composti chimici semplici disponibili per nuove sintesi o come miscela idrocarburica utilizzabile per produrre combustibile alternativo. Questa soluzione permette di superare le difficoltà legate all'eterogeneità e alla contaminazione iniziale.

Il Laboratorio tecnologie per la gestione integrata dei rifiuti dell'Enea, nell'ambito del progetto "Ecoinnovazione in Sicilia - Supporto allo sviluppo delle attività produttive del Sud: interventi pilota per la sostenibilità e la competitività", finanziato dal Ministero Istruzione Università e Ricerca [14], ha messo a punto un processo di pirolisi per la valorizzazione delle seguenti matrici: plastiche da RAEE (involucri esterni di apparecchi elettrici ed elettronici, componenti di schede elettroniche) e plasmix. I principali obiettivi hanno riguardato:

- 1) lo studio dell'influenza della temperatura di degradazione e di catalizzatori a base zeolitica sulle rese e sulla composizione dei prodotti di pirolisi: gas, olio e *char*;
- 2) l'individuazione delle condizioni che permettono di ottenere prodotti valorizzabili come materie prime seconde (*feedstock recycling*) o combustibili.

È anche illustrata brevemente un'applicazione particolare che riguarda l'impiego di ceneri da rifiuti come catalizzatori nella pirolisi di plastiche.

### Metodologia

La metodologia di lavoro si è articolata in quattro fasi distinte:

1. selezione del campione nei RAEE e nel plasmix;
2. caratterizzazione termochimica del campione (analisi TG-DSC, analisi elementare, analisi immediata, potere calorifico, cromatografia ionica per la determinazione di Cl e Br);
3. individuazione delle condizioni di processo (effetto della temperatura e dei catalizzatori sulle rese e sui prodotti di pirolisi, bilancio di energia);
4. caratterizzazione dei prodotti di pirolisi (potere calorifico, analisi elementare, GC-FID, cromatografia ionica per la determinazione di Cl e Br, analisi immediata, GC-TCD).

Sono state esaminate le plastiche presenti nella categoria R4 dei RAEE e il plasmix. Ai fini della riproducibilità dei risultati e per ciascuno dei due casi, è stata selezionata una miscela di polimeri rappresentativa del campione di rifiuti da esaminare.

Nel primo caso sono stati considerati ABS, HIPS e PBT con le proporzioni prese da analisi merceologiche svolte in letteratura [11, 12] e confermate da indagini svolte in campo presso impianti di selezione dei RAEE. Il campione è stato definito come "misto RAEE", ed è risultato così composto:

- 64% di ABS
- 33% di HIPS
- 3% di PBT

dove, in corrispondenza di ciascun polimero, è stato scelto un componente reale: scocche di dispositivi informatici (computer, stampanti, scanner) per ABS e HIPS e connettori di schede elettroniche per il PBT [15].

Nel caso del plasmix, il campione è stato preparato a partire da alcuni esempi di analisi merceologica presi dalla letteratura [7, 8] e da un modello matriciale sviluppato appositamente per la caratterizzazione merceologica del plasmix [16]. Tale modello tiene conto della composizione tipo delle plastiche da rifiuto di raccolta differenziata urbana in ingresso agli impianti e dell'efficienza di separazione delle apparecchiature di separazione/selezione adottate. In uscita si otterranno le tre correnti separate per i polimeri (PE, PP, PET), che saranno poi venduti alle aste telematiche, e la corrente di scarto, ovvero il plasmix. Sulla base di queste considerazioni, la composizione finale del campione rappresentativo, definito "plasmix sintetico", è stata la seguente:

- 45% di PE
- 30% di PP
- 20% di PS
- 5% di PET.

### Caratterizzazione del campione

In Tab. 1 si riportano i risultati delle analisi termo-chimiche condotte sui campioni di misto RAEE e plasmix sintetico. Nel caso del misto RAEE,

Contenuto (%)	Misto RAEE	Plasmix sintetico
C	85,3±0,7	85,9±0,3
H	7,8±0,1	14,20±0,08
N	3,4±0,1	n.d.
S	n.d.	n.d.
O	0,98±0,04	1,73±0,01
Cl	0,02±0,01	n.d.
Br	0,13±0,03	n.d.
PCI (MJ/kg)	37,7±0,2	41,6±0,1
Solidi volatili	97,0±0,9	98,01±0,1
Carbonio fisso	1,7±0,2	0,84±0,03
Ceneri	1,9±0,2	0,03±0,02
n.d. = non determinato		

Tab. 1 - Proprietà termochimiche del misto RAEE e del plasmix sintetico

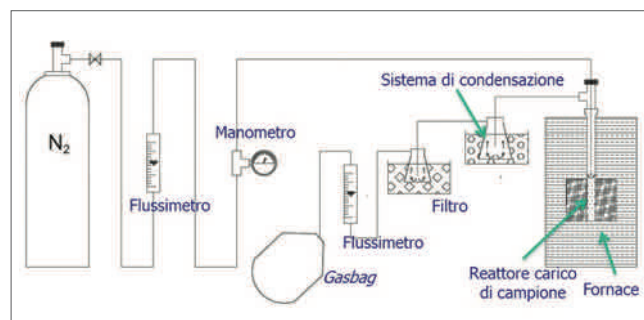


Fig. 2 - Schema dell'apparato sperimentale del processo di pirolisi

si osserva una composizione elementare coerente con quella di un plastica stirenica (il Cl e il Br rilevati derivano dal PBT che è direttamente a contatto con la scheda elettronica), mentre la composizione del plasmix si avvicina a quella di un'olefina; l'elevata percentuale di solidi volatili e il basso contenuto di ceneri e carbonio fisso sono la necessaria premessa affinché, nel corso della pirolisi, si possa massimizzare la produzione della miscela idrocarburica nelle forme più valorizzabili: le fasi liquida e gassosa. Il potere calorifico inferiore (PCI) di circa -40 MJ/kg, è prossimo a quello di un olio diesel commerciale.

**Pirolisi**

Le prove sono state condotte con un reattore da banco (Fig. 2) di tipo *semibatch* consistente in un tubo di quarzo del diametro interno di 20 mm e lunghezza di 200 mm, alloggiato in una fornace riscaldata con resistenza elettrica e mantenuto in atmosfera inerte di azoto. Il reattore è stato caricato con il campione in polvere con granulometria <0,5 mm, in presenza o meno di catalizzatore, e introdotto nella fornace alla temperatura operativa, conducendo quindi la cosiddetta *fast pyrolysis*. La configurazione adoperata per le prove può essere schematizzata in tre unità fondamentali: la prima caratterizzata dal reattore, caricato con la miscela a inizio prova; la seconda dedicata alla raccolta del prodotto liquido di processo e caratterizzata da due trappole fredde; la terza predisposta per la raccolta dei prodotti gassosi non condensabili mediante una *gas-bag*. I vapori prodotti sono fatti passare attraverso un sistema di condensazione a due stadi per la pirolisi del plasmix (T=0 e -20 °C), monostadio per quella del misto RAEE (T=0 o -20 °C, a seconda della temperatura di degradazione impostata nel reattore). Il misto RAEE è stato sottoposto a pirolisi a tre diverse temperature: 400 °C, con e senza catalizzatori, 600 e 800 °C, in assenza di catalizzatore. Per il plasmix, invece, sono state adottate due temperature: 450 e 650 °C, entrambe sia con che senza catalizzatore.

Per la pirolisi catalitica, in modalità *liquid phase contact*, sono stati selezionati due tipi di catalizzatori zeolitici già sperimentati in letteratura per reazioni di cracking [17]: le zeoliti HUSY e la HZSM-5 in rapporto 1:3 con il campione. Le due zeoliti sono state scelte per la diversa dimensione dei pori, pari a 8 Å per la HUSY e a 5-6 Å per la HZSM-5, e per il diverso rapporto molare silice-allumina (SAR): la HUSY presenta un SAR pari a 30 e la HZSM-5 pari a 1.500. Il rapporto silice-allumina influenza l'acidità del catalizzatore: zeoliti con un SAR elevato presentano un minor numero di siti acidi ma di forza maggiore e più elevata idrofobicità, rispetto a quelle caratterizzate da un SAR più basso. A nostra conoscenza non sono mai state usate in letteratura, allo scopo di condurre reazioni di pirolisi, zeoliti con un SAR così elevato come quello della HZSM-5 impiegata in questo lavoro.

**Risultati**

In Fig. 3 è rappresentata la distribuzione dei diversi prodotti della pirolisi dei campioni misto RAEE e plasmix (gas, olio, *char*) ottenuti per le diverse condizioni di processo, in funzione delle quali per il misto RAEE si osserva come la produzione di olio risulti prevalente, con percentuali minime pari all'82% nel caso di pirolisi catalitica con HUSY a 400 °C e con percentuali massime pari al 93% nel caso di pirolisi termica a 600 e 800 °C (non vi sono, infatti, significative differenze tra le due pirolisi termiche). La produzione di gas appare abbastanza costante con percentuali inferiori al 5% mentre la massima produzione di *char* si manifesta

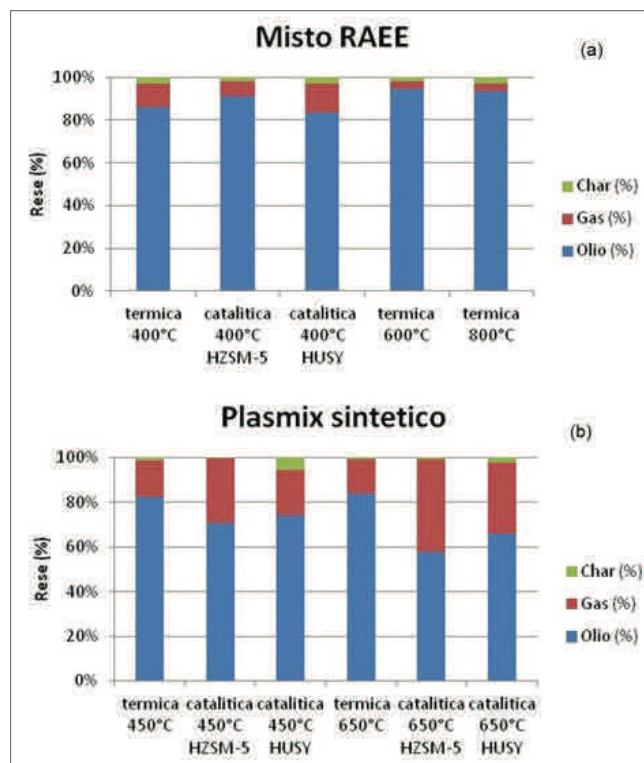


Fig. 3 - Distribuzione dei prodotti della pirolisi del misto RAEE (a) e plasmix sintetico (b) in funzione delle condizioni di processo

con la pirolisi catalitica con HUSY. La pirolisi catalitica con HZSM-5 determina un aumento di produzione di olio rispetto alla pirolisi termica del 5% a scapito del *char* e rese prossime a quelle da pirolisi a 600 e 800 °C. Come nel caso precedente, la frazione più abbondante per il plasmix sintetico è l'olio di pirolisi, anche se presenta valori inferiori (58-82%) compensati da una maggiore produzione di gas. L'aumento della temperatura, nel caso della pirolisi termica, favorisce la produzione della cera, a causa probabilmente del minor tempo di residenza nel reattore: mentre a 450 °C si ha una sospensione di cera nell'olio, a 650 °C si ottiene quasi esclusivamente cera. L'utilizzo del catalizzatore (HUSY o HZSM-5), riduce la produzione di olio e, cosa più importante, inibisce la formazione di cera che, comunque, è un prodotto tipico della pirolisi di poliolefine. Allo stesso tempo, utilizzando la zeolite HUSY, si osserva un sensibile incremento di *char* che diminuisce con la temperatura. Con l'impiego della zeolite HZSM-5 la produzione di olio diminuisce con la temperatura, scendendo a meno del 60% a 650 °C, senza contestuale formazione di *char* e con la massima produzione di gas.

L'effetto dell'impiego delle zeoliti si osserva anche da un esame visivo dei campioni di olio prodotti alle diverse condizioni (Fig. 4). Nel caso della pirolisi del misto RAEE, si può apprezzare la riduzione del contenuto di olio pesante, che produce un effetto di chiarificazione; nella pirolisi del plasmix sintetico si osserva la perdita di torbidità dovuta all'assenza di cera. Per quanto riguarda l'analisi dell'olio prodotto dalle due diverse matrici plastiche di partenza (Fig. 5), si osserva, nel caso del misto RAEE, che il solo aumento della temperatura, induce un incremento di composti monoaromatici: a 800 °C lo stirene raggiunge la massima produzione con

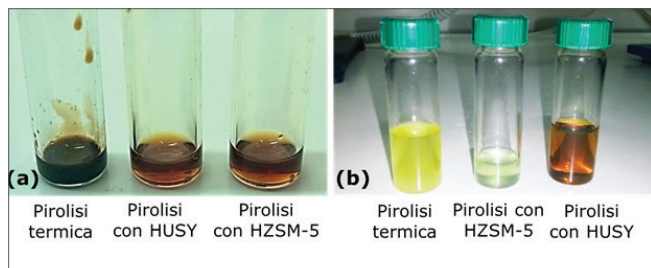


Fig. 4 - Oli ottenuti dalla pirolisi del misto RAEE a 400 °C (a) e del plasmix a 450 °C (b), con e senza catalizzatori

il 19%. Per il plasmix sintetico invece si ha l'andamento inverso: a 650 °C si ha una resa minore rispetto a 450 °C proprio a causa della maggiore presenza di cera. È interessante notare che anche nel plasmix sintetico, dove la quantità di PS è bassa, si hanno rese in monoaromatici che, in alcuni casi, sfiorano il 30%. Come rilevato in letteratura [18] questi fenomeni sono dovuti all'innesco di reazioni secondarie di ciclizzazione del tipo Diels-Alder da olefine.

L'impiego dei catalizzatori zeolitici aumenta la resa totale in monoaromatici: con la HZSM-5 si massimizza la produzione di stirene mentre con la HUSY si favorisce la generazione di etilbenzene, toluene e benzene. Questi composti costituiscono un valore perché rappresentano il punto di partenza per produrre, ad esempio, resine plastiche, fibre, tensioattivi, coloranti, pesticidi, solventi e farmaci [19].

In virtù dell'elevato potere calorifico (39 MJ/kg), l'olio di pirolisi può essere utilizzato in miscela con olio diesel commerciale; fino ad una quota del 20% [20].

L'attività dei catalizzatori è stata studiata anche sulla temperatura di degradazione e sul profilo TG di ciascuno dei componenti del plasmix sintetico e della miscela stessa. È stato osservato come la zeolite HUSY provochi un notevole abbassamento della temperatura di degradazione (fino a 80 °C per il PE) e con un profilo di decomposizione a due stadi dovuto a una fase di pre-cracking che avviene sui siti superficiali della zeolite [21, 22]. L'effetto dell'HZSM-5 sembra operare nel senso di un leggero incremento della temperatura di pirolisi, con la sola eccezione del PE per cui si ha una diminuzione di circa 50 °C. Nel caso di questa miscela polimerica, a base essenzialmente poliolefinica, sembrerebbe quindi più vantaggioso l'utilizzo della zeolite HUSY.

La quantità di calore necessaria alla degradazione termica è stata valutata attraverso la calorimetria a scansione differenziale (DSC) [9]. In particolare, è risultato che la pirolisi del misto RAEE richiede un consumo energetico pari a 1,6 MJ kg<sup>-1</sup>. Dalla Tab. 2 è visibile come nei casi della combustione di *char* ottenuto a 400 °C o del totale di *char* e gas ottenuti con la HUSY è possibile ottenere l'energia sufficiente a sostenere il processo di pirolisi, senza intaccare l'olio, che rappresenta la risorsa di maggiore pregio del processo. Nelle altre condizioni l'energia derivante dalla combustione di *char* e gas è invece solo di poco inferiore a quella necessaria per la degradazione.

Nel caso del plasmix sintetico è stato valutato che la pirolisi necessita di un apporto di energia di 2 MJ kg<sup>-1</sup> [9] che può essere soddisfatto dalla combustione del 5% del plasmix sintetico (PCI=41,6 MJ kg<sup>-1</sup>). Alternativamente si può in ogni caso sfruttare il calore sviluppato dalla combustione della frazione gassosa generata da 1 kg di plasmix: ad esempio per la pirolisi termica, pari a 2,9 MJ se condotta a 450 °C e pari a 4,1 MJ se

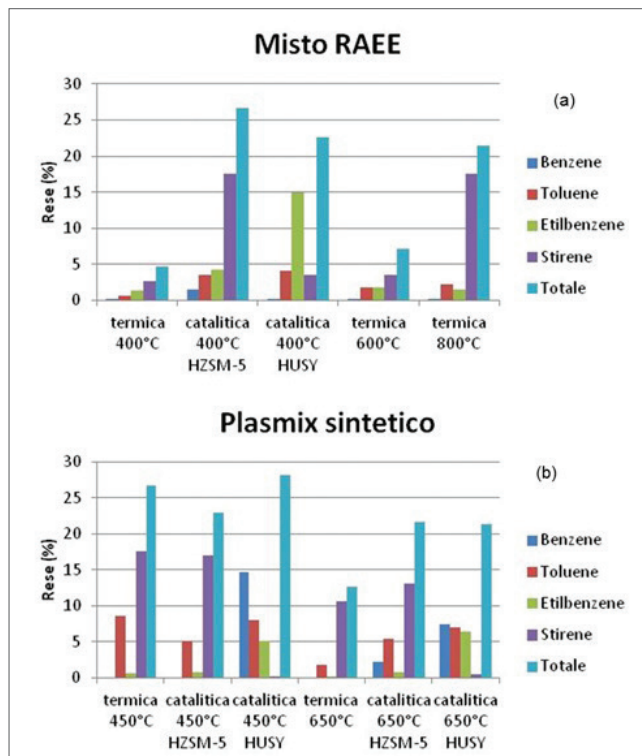


Fig. 5 - Analisi delle specie monoaromatiche presenti nell'olio di pirolisi di misto RAEE (a) e plasmix sintetico

Condizioni di pirolisi	Char (MJ)	Gas (MJ)	Totale (MJ)
Misto RAEE - 400 °C	2,7±0,1	0,5±0,2	3,2±0,3
Misto RAEE - 400 °C HZSM-5	0,48±0,07	0,3±0,2	0,8±0,2
Misto RAEE - 400 °C HUSY	1,34±0,04	0,8±0,2	2,1±0,3
Misto RAEE - 600 °C	0,5±0,2	0,7±0,3	1,2±0,3
Misto RAEE - 800 °C	0,4±0,1	1,01±0,05	1,4±0,1
Plasmix - 450 °C	0,47±0,07	2,9±0,1	3,4±0,1
Plasmix - 450 °C HZSM-5	0,02±0,01	8,7±0,1	8,7±0,2
Plasmix - 450 °C HUSY	1,4±0,1	5,9±0,1	7,3±0,2
Plasmix - 650 °C	0,29±0,06	4,1±0,2	4,4±0,2
Plasmix - 650 °C HZSM-5	0,05±0,01	16,3±0,3	16,4±0,3
Plasmix - 650 °C HUSY	0,40±0,04	10,2±0,1	10,6±0,1

Tab. 2 - Energia (MJ) dalla combustione di *char* e/o gas prodotti dalla pirolisi di 1 kg di misto RAEE o di plasmix sintetico

condotta a 650 °C. I valori di calore del *char* tengono conto anche della presenza delle ceneri e delle zeoliti.

#### Utilizzo di ceneri di rifiuti come catalizzatori alternativi

È noto come le ceneri di alcuni rifiuti urbani o speciali, abbiano una matrice di alluminio-silicati simile a quella delle zeoliti o una quantità di minerali e ossidi metallici in grado di favorire le reazioni di cracking [23]. Questa



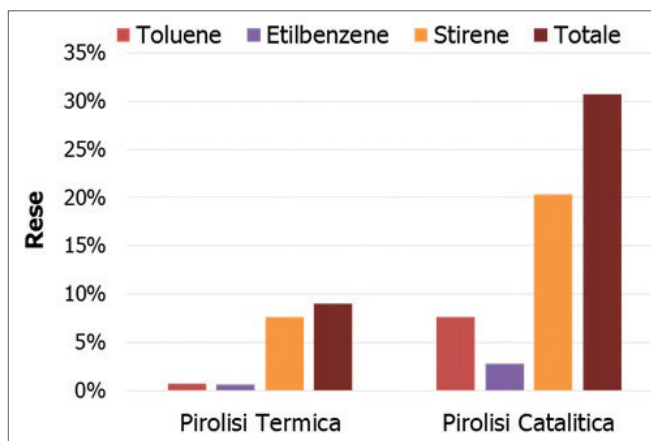


Fig. 6 - Confronto tra pirolisi termica e catalitica con cenere da rifiuto su ABS

considerazione ha dato il via ad una campagna di sperimentazione volta a testare la capacità di catalisi di queste tipologie di residui, al fine di valorizzare le ceneri, che di per sé costituiscono un rifiuto da smaltire. È stata quindi provata la pirolisi catalitica in presenza di diverse ceneri di origine diversa su un campione monopolimerico di ABS a 400 °C, adottando un rapporto in peso ABS/catalizzatore di 2:1. Dal confronto con la pirolisi termica, per alcune tipologie di ceneri è risultata invariata la ripartizione tra le varie correnti di materia (*char*, olio, gas), mentre si è rilevato una diminuzione della temperatura di degradazione fino a 10 °C e un incremento netto di idrocarburi monoaromatici nell'olio da pirolisi catalitica (in Fig. 6, un esempio).

Questi primi test hanno quindi mostrato l'effettiva possibilità di sfruttare le ceneri come catalizzatori e costituiscono un buon punto di partenza per proseguire su questa linea di sperimentazione.

### Conclusioni

Dalla campagna di sperimentazione condotta su diverse matrici di plastiche da rifiuto, è stato provato che la pirolisi è un processo adatto al trattamento di plastiche eterogenee, da cui è possibile ottenere composti idrocarburici valorizzabili come materie prime secondarie e come prodotti ad elevato contenuto energetico.

I catalizzatori zeolitici permettono di migliorare la qualità dell'olio prodotto, aumentando, ad esempio, la resa in monoaromatici, interagendo in modo diverso in funzione della matrice polimerica e delle caratteristiche chimico-fisiche della zeolite: quindi la scelta della zeolite più vantaggiosa in un certo processo pirolisi deve essere fatta anche in base alla composizione plastica del rifiuto di partenza. Alcune ceneri di rifiuti urbani e speciali hanno proprietà catalitiche nelle reazioni di scissione delle catene polimeriche; sono perciò valorizzabili come catalizzatori nella pirolisi delle plastiche ottenendo in questo modo un duplice recupero di materia e risparmiando sull'impiego di catalizzatori commerciali.

Le linee di attività saranno indirizzate a testare altri catalizzatori zeolitici con diverso rapporto Si/Al e struttura chimico-fisica, cui si associa un approfondimento sull'efficacia delle proprietà catalitiche delle ceneri da diverse matrici di rifiuto per la pirolisi sia di plastiche da RAEE che del plasmix. Infine, si intende passare da una scala di laboratorio ad una pilota per lo studio del controllo dei parametri di processo e il test su campioni reali da impianti di trattamento.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Association of Plastics Manufacturers, *Plastics - the Facts 2014-15. An analysis of European plastics production, demand and waste data*, 2016.
- [2] Direttiva 2004/12/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, dell'11 febbraio 2004, sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio che modifica la direttiva 94/62/CE, *Gazzetta Ufficiale della Comunità Economica Europea*, L 47, 18/02/2004.
- [3] BIO Intelligence Service, *Plastics Recyclers Europe - Relazione finale, Studio sull'innalzamento dell'obiettivo di riciclaggio meccanico della plastica*, 2013.
- [4] A. Gahleitner, *Polym. Lett.*, 2016, **10**, 187.
- [5] J. Brandrup, *Recycling and Recovery of Plastics*, Hanser Publishers, 1996, 893.
- [6] S. Petriglieri, *Esperienza di COREPLA nel trattamento delle plastiche*, 2014.
- [7] A. Adrados *et al.*, *Waste. Manage.*, 2012, **32**, 826.
- [8] A. Lopez-Uribebarrenechea *et al.*, *Appl. Energ.*, 2012, **98**, 524.
- [9] L. Cafiero *et al.*, *J. Therm. Anal. Calorim.*, 2015, **121**, 1111.
- [10] D.Lgs. 14 marzo 2014, n. 49 relativo all'attuazione della direttiva 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), *Gazzetta Ufficiale Serie Generale*, L73, 28/03/2014.
- [11] E. Dimitrakakis *et al.*, *J. Hazard. Mater.*, 2009, **161**, 913.
- [12] M. Schlummer *et al.*, *Chemosphere*, 2007, **67**, 1866.
- [13] Direttiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'8 giugno 2011 sulla restrizione dell'uso di determinate sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche (Direttiva RoHS).
- [14] M. Peronaci *et al.*, *EAI*, 2014, **5**, 53.
- [15] L. Cafiero *et al.*, *Polym. Degrad. Stabil.*, 2014, **109**, 307.
- [16] S. Colantonio, risultati non pubblicati (Università degli Studi di Roma "La Sapienza", A.A. 2014-2015, Tesi di laurea).
- [17] P. Williams, R. Bagri, *Int. J. Energy Res.*, 2004, **28**, 31.
- [18] W. Kaminsky, H. Sinn, *Thermal Conversion of Solid Wastes and Biomass, ACS Symp. Series*, 1980, **130**, 423.
- [19] N. Antoniou, A. Zabaniotou, *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 2013, **20**, 539.
- [20] S. Frigo *et al.*, *Fuel*, 2014, **116**, 399.
- [21] A. Marcilla *et al.*, *Appl. Catal. A - Gen.*, 2006, **301**, 222.
- [22] G. Manos, *et al.*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2000, **39**, 1198.
- [23] J.A. Chandler *et al.*, in *Studies in Environmental Science*, 1997, vol. 67.

### Feedstock Recycling of Mixed Plastics Waste by Pyrolysis

The worldwide growth rate of plastic waste is 5%, but their sustainable management by mechanical recycling is limited by their great heterogeneity. The thermochemical feedstock recycling fragmenting the long polymer chains offers undoubted advantages of flexibility for the treatment of complex polymer mixtures and/or characterized by a strong contamination of other materials. The purpose of this article is to provide an overview on the activities of the Enea Laboratory "Tecnologie per la gestione integrata di rifiuti, reflui e materie prime/seconde" about the pyrolysis of waste plastics.



**POWERING YOUR COMPANY**

[WWW.AGICOM.IT](http://WWW.AGICOM.IT)

A CURA DI SILVIA CAUTERUCCIO E MONICA CIVERA  
 DIPARTIMENTO DI CHIMICA  
 UNIVERSITÀ DI MILANO  
 SILVIA.CAUTERUCCIO@UNIMI.IT  
 MONICA.CIVERA@UNIMI.IT

**Recenti approcci alla sintesi di composti eteroaromatici a base tiofenica**

Composti aromatici condensati contenenti anelli tiofenici, ad esempio dibenzotiofeni, benzoditiofeni e naftoditiofeni, sono ad oggi tra i sistemi più studiati sia nel mondo accademico che in quello industriale, grazie alle loro peculiari proprietà elettroniche e strutturali, incluse un'ottima delocalizzazione del sistema  $\pi$ , rigidità strutturale, conduttività ed elevata mobilità di carica. Questi composti trovano così potenziali applicazioni in dispositivi optoelettronici e materiali polimerici, quali transistor, diodi, celle fotovoltaiche e polimeri organici semiconduttori.

Recentemente, la sintesi di questi sistemi ha trovato un preziosissimo alleato nelle reazioni di funzionalizzazione diretta C-H selettive, le quali, come spesso sottolineato nelle rubriche passate, rappresentano un'alternativa molto conveniente ai tradizionali *cross coupling* catalizzati da metalli di transizione, non necessitando di una preliminare funzionalizzazione dei materiali di partenza. In questo contesto merita menzionare una procedura altamente regioselettiva per la sintesi di derivati dibenzotiofenici funzionalizzati che sfrutta un *cleavage* Pd(II)-catalizzato dei legami C-S e C-H di difenil solfuri, e che non prevede l'impiego di quantità stechiometriche di sali di argento quali ossidanti [N. Chatani, *Chem. Sci.*, DOI:10.1039/C5SC04890G]. Interessante il meccanismo proposto per questo processo Pd(II) catalizzato, nel quale il prodotto finale viene generato da un passaggio di addizione ossidativa, piuttosto che dal tipico stadio finale di eliminazione riduttiva, che produce la specie di Pd(O), a sua volta rigenerata a Pd(II) da un ossidante esterno. Infatti, in assenza di un ossidante esterno, il palladaciclo **A** subisce un'iniziale *cleavage* riduttivo del legame C-S a dare la coppia ionica **B**, la quale per addizione ossidativa del Pd(O) sul legame Ph-S e successiva protonolisi ad opera dell'acido carbossilico libera il prodotto finale (Fig. 1a). D'altra parte, per la stessa reazione condotta in presenza di AgOAc quale ossidante [X. Zhou, *Chem. Eur. J.*, 2014, **20**, 7258], si osserva la formazione del prodotto derivante dal *coupling* ossidativo C-H/C-H (Fig. 1b).

Concludo, segnalando un esempio molto efficace di *Diversity Oriented Synthesis* applicata a derivati benzoditiofenici (BDTs) e naftoditiofenici (NDTs), sfruttando una strategia *metal-free* a due

passaggi: i) alchilazione diretta di aril solfossidi altamente regioselettiva, grazie alla presenza del sostituito S(O)R quale gruppo orto-orientante; ii) eterocicizzazione mediata da elettrofili [D.J. Procter, *Chem. Sci.*, 2016, **7**, 1281]. Rispetto alle comuni procedure utilizzate per la sintesi di BDTs e NDTs, che prevedono *cross coupling* Pd-catalizzati, questa procedura offre il notevole vantaggio di ottenere questi sistemi non contaminati da metalli pesanti, la cui presenza, anche in tracce, è deleteria nel settore dei dispositivi elettronici a base di molecole organiche.

**Simulazioni di dinamica molecolare di proteine: un esempio di come migliorare il campionamento dello spazio conformazionale**

Grazie ai progressi fatti nel campo delle *computer facilities* e nello sviluppo di *software*, molti dei fenomeni che avvengono in natura sulla scala dei millesimi di secondo possono essere studiati e simulati anche virtualmente utilizzando diversi approcci di dinamica molecolare (MD). Ma quanto lunghe devono essere le simulazioni di MD per ottenere la convergenza e quindi essere capaci di riprodurre quello che succede sperimentalmente? Recentemente Bowman [*J. Comput. Chem.*, 2016, **37**, 558] ha osservato come occorrono simulazioni di almeno 100 microsecondi per ottenere una buona correlazione con i parametri d'ordine che si ottengono via spettroscopia NMR e che si riferiscono a fenomeni che avvengono su una scala di tempi di pico-nanosecondi. Se si vuole studiare un evento come un cambio conformazionale o il *folding* di una proteina che avviene in tempi più lunghi, per ottenere delle simulazioni a convergenza conviene utilizzare tecniche di MD che aumentano in campionamento dello spazio conformazionale, come la metadinamica o la *steered* MD, e permettono di ridurre i tempi di calcolo. Questi metodi di solito si basano sulla definizione di Variabili Collettive (CV) lungo le quali il sistema evolve. Un interessante lavoro di Pandini [*J. Comput. Chem.*, 2016, disponibile on line], mostra l'utilizzo di una nuova CV per accelerare lo studio delle conformazioni di piccole proteine. La sequenza della proteina viene divisa in gruppi di quattro residui ai quali viene assegnata una lettera, o SA *sequence-independent structural alphabets*, che identifica una struttura predefinita del *backbone* sulla base di una libreria di 25 SA. Con queste stringhe può essere codificata tutta la proteina o solo un frammento. La CV basata su queste SA utilizza una funzione che misura lo scarto tra la struttura dell' SA di riferimento e quella della proteina e, se utilizzata per lo studio del *folding* o della struttura di proteine con la metadinamica o con la *steered* MD, ha mostrato un miglioramento del campionamento dello spazio conformazionale rispetto a simulazioni classiche.

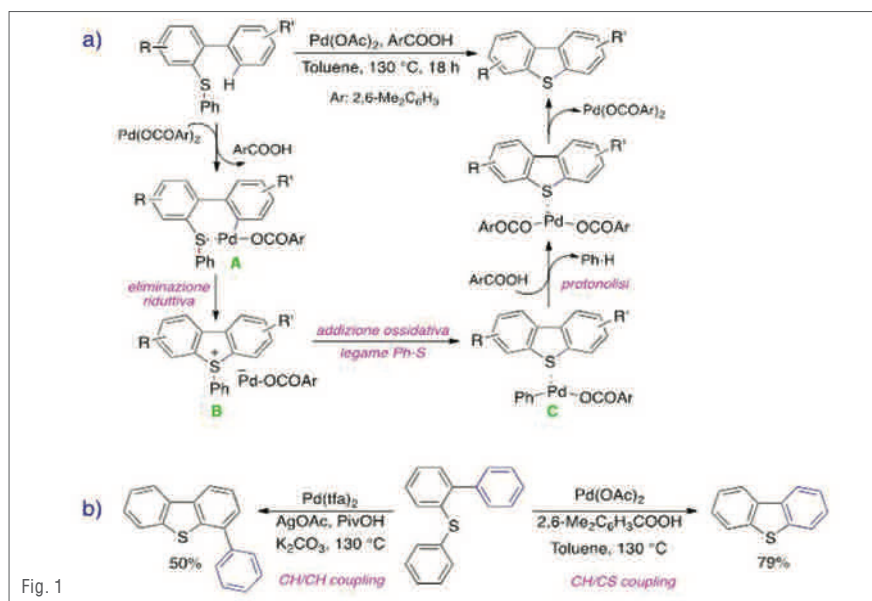


Fig. 1





Che ne dite di tre lavori che, per una volta, mi permettono di scrivere formule, e descrivere reazioni? Nostalgia della chimica fra queste righe? Oggi sarete accontentati, leggendo di *single molecule reactions* [J. Lee, H. Bailey, *PNAs*, 2015, **112**, 13768]; di *charged microdroplet reactions* [S. Banerjee, R.N. Zare, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2015, **54**, 14795]; e di *successive ring expansion/SuRE reactions* [C. Kitsiou *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2015, **54**, 15794].

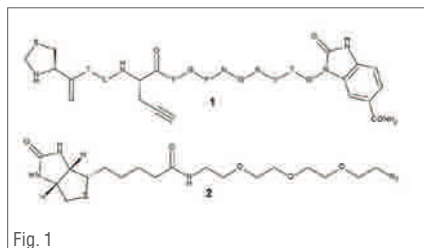


Fig. 1

Nel primo lavoro, la sintesi di un 13-mero peptidico **1** (Fig. 1) contenente un *side chain* alchilico (Prp), poi inserito sinteticamente all'interno di una molecola di emolisina (HL-Prp) da *S. aureus*, ed infine assemblato all'interno di un eptamero HL<sub>6</sub>-HLPrp contenente sei copie di HL non mutate, produce un "poro-canale" semisintetico indistinguibile dall'eptamero naturale HL<sub>7</sub>. Il gruppo alchilico viene orientato all'interno del canale, per cui l'eptamero HL<sub>6</sub>-HLPrp può essere usato come un nanoreattore, in cui una singola molecola (la biotina recante un gruppo azidico **2**, Fig. 1) può entrare e reagire formando il corrispondente triazolo (*click chemistry*). La reazione - inusualmente lenta, probabilmente causa l'accessibilità limitata del sito alchilico per la biotina azide **2** - è stata caratterizzata in termini di cinetica ed intermedi di reazione, monitorando le variazioni di corrente condotta dall'eptamero HL<sub>6</sub>-HLPrp in conseguenza della reazione stessa; gli autori rivendicano questa piattaforma, in cui l'introduzione di un amminoacido esotico con un gruppo funzionale reattivo e biocompatibile potrà permettere lo studio di altre reazioni a livello di *single molecular event*.

Nel secondo lavoro, l'uso di un aerosol di microgocce cariche (cioè la tecnica *soft* di ionizzazione utilizzata per vaporizzare campioni in massa/electrospray ionization, ESI) come

ambiente di reazione ha permesso di effettuare reazioni acido-catalizzate di difficile esecuzione in condizioni classiche. Fra loro la reazione di Pomeranz-Frisch che porta l'acetale **3** a chiudersi ad isochinolina **6**, passando attraverso gli intermedi **4** e **5**; la reazione di Friedlander fra l'amminobenzofenone **7** e l'acetilacetone **8** a dare la chinolina **11**, passando attraverso gli intermedi **9** e **10**; e la reazione di Combes a trasformare la base di Schiff **12** in chinolina **15**, passando attraverso gli intermedi **13** e **14** (Fig. 2). Queste reazioni vanno a completezza iniettando una soluzione metanolica di **3**, **7** ed **8**, o **12** in una sorgente ESI, creando microgocce cariche a vita brevissima (pochi millisecondi); ciononostante, la massa identifica il picco/ione molecolare dei prodotti **6** (e degli intermedi **4** e **5**), **11** (e delle specie cariche indistinguibili di pari massa **9** e **10**) e **15** (e delle specie cariche indistinguibili di pari massa **13** e **14**); si noti come le stesse reazioni in condizioni classiche richiedano molte ore e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 70% (Pomeranz-Frisch), alte temperature, molte ore ed acido forte (Combes), o addirittura non siano realizzabili in 17 ore a 100 °C (Friedlander). L'applicabilità sintetica è molto lontana, ma gli autori citano sforzi in corso per rendere il tutto praticabile su scala preparativa.

Il terzo lavoro riporta la sintesi di macrocicli di dimensioni variabili (da 9 a 24 atomi) attraverso espansione di un ciclo preesistente in due passaggi (Schema 1). L'alfa-carbottosi chetone ciclico **16** (10 atomi; anche cicli di dimen-

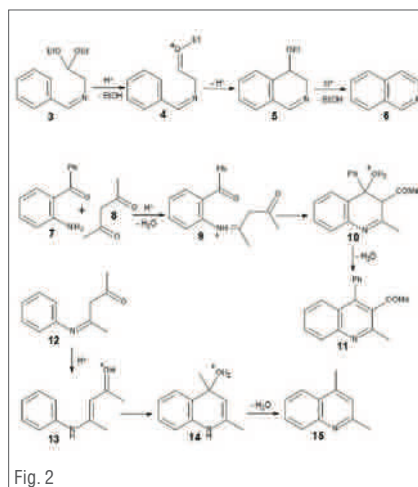
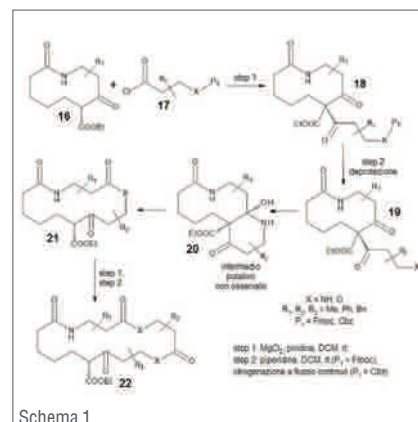


Fig. 2



Schema 1

sioni diverse contenenti la stessa funzione) viene fatto reagire (step 1, condizioni blande) con il composto **17** (cloruro di un acido propanoico sostituito in 3 da un'ammina o da un'alcool (X = NH, O) protetto come carbammato base- (P<sub>1</sub> = Fmoc) o riduzione-labile (P<sub>1</sub> = Cbz). L'addotto risultante **18** viene deprotezzato (step 2) a dare l'ammina/alcoole **19**, innescando un attacco intra-molecolare della funzione X sul carbonile, e formando presumibilmente l'intermedio biciclico emiaminalico instabile **20**, che evolve spontaneamente nel macrociclo espanso **21** (14 atomi) al termine della cascata di *successive ring expansion/SuRE*. Un altro ciclo di SuRE può essere eseguito, anche variando la natura di X (ottenendo ammidoesteri o diammidi cicliche), la natura dei gruppi arilici od alchilici R (ottenendo macrocicli recanti varie sostituzioni sui carboni del ciclo), ed il gruppo protettivo P<sub>1</sub> (così da svolgere le deprotezioni in condizioni rispettose dei gruppi funzionali presenti nel macrociclo), formando il macrociclo a 18 termini **22** (Schema 1).

Gli esempi mostrati comprendono anche macrocicli *N*-alchilati sull'ammide ciclica e si rivendicano future espansioni (uso di altri alfa-gruppi al posto del carbottosi, studio della compatibilità della *SuRE* con altre funzioni chimiche, sintesi di macrocicli più grandi/esecuzione di più cicli iterativi, etc.); mi sembra un approccio interessante, anche perché i macrocicli stanno emergendo come classe di molecole ad alto potenziale farmaceutico (anche per le loro migliori caratteristiche di biodisponibilità e stabilità rispetto ad analoghi lineari).

### BÜRKERT PRESENTA: IL MISURATORE DI PORTATA FLOWAVE

MISURA ALTAMENTE PRECISA DELLA PORTATA DI FLUIDI ANCHE NON CONDUTTIVI, CON RISPARMIO ECONOMICO E MINIMO INGOMBRO

**Il misuratore di portata FLOWave tipo 8098 di Bürkert, premiato come migliore innovazione tecnologica in diversi Paesi in Europa, si basa sulla tecnologia brevettata SAW (Surface Acoustic Waves) ed è destinato in primo luogo alle industrie farmaceutica, cosmetica, alimentare e delle bevande.**

La tecnologia SAW utilizza la propagazione delle onde acustiche per la misura della portata e uno dei suoi principali vantaggi è che non ci sono componenti all'interno del tubo di misura. Questo fa sì che il fluido sia a contatto solo con il tubo in acciaio inox. Non ci sono volumi morti e naturalmente la parte interna del tubo può essere fabbricata con la stessa finitura superficiale del resto della linea di produzione.

Le principali applicazioni a cui è destinato FLOWave sono quelle con requisiti igienico-sanitari e quelle per il monitoraggio di fluidi simili all'acqua. Applicazioni con fluidi a bassa conducibilità o non conduttivi sono privilegiate perché lo strumento lavora in modo totalmente indipendente dalla conducibilità del fluido. FLOWave offre una serie di vantaggi quali una precisione della misura del 0,4%, l'alta flessibilità, perché può essere montato in orizzontale o verticale ed è in grado di misurare minime portate di

prodotto, un alto grado di igienizzazione, dimensioni compatte, peso ridotto, facile installazione e operatività, oltre a essere conforme a numerosi standard e normative.

FLOWave risponde anche alla crescente domanda di un basso consumo energetico.

Il trasmettitore è basato sulla nuova piattaforma EDIP di Bürkert (Electronic Device Integration Platform), che è completamente modulare e offre un elevato grado di flessibilità per il cliente. Tale piattaforma comprende numerose funzioni, interfacce utente standardizzate ed è compatibile con i più diffusi bus di campo presenti sul mercato, per facilitare l'integrazione di nuovi dispositivi in un sistema.





## SPS ITALIA, AUTOMAZIONE 4.0

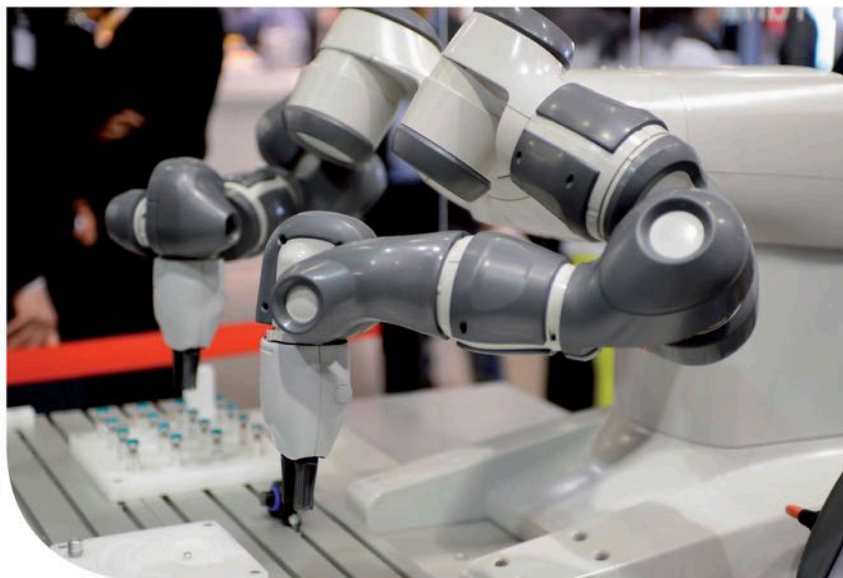
*SPS IPC DRIVES ITALIA (PARMA, 24-26 MAGGIO) È UN APPUNTAMENTO IMPERDIBILE PER I COSTRUTTORI DI MACCHINE E PER LE AZIENDE MANIFATTURIERE, UN'OCCASIONE PER LE AZIENDE ITALIANE PER LE QUALI LA REVISIONE DEI PROCESSI PRODUTTIVI RAPPRESENTA UN'OCCASIONE UNICA PER RAFFORZARE LA PROPRIA LEADERSHIP A LIVELLO GLOBALE.*

**SPS IPC DRIVES Italia oramai è un must nel panorama fieristico italiano, con espositori sia italiani che stranieri e una serie di partnership messe in campo che evidenziano l'alto livello ormai consolidato.** Quest'anno infatti ci sarà la possibilità di sentire i contributi di Cisco con "IoE Talks: la fabbrica in digitale" e di Roland Berger, con la presentazione dello studio commissionato da SPS Italia "Industria 4.0 la nuova frontiera della competitività industriale in Italia" con focus sui settori automotive, cyber security, elettromeccanica, food e pharma&beauty.

Agorà di confronto e dialogo, animata da tensione innovativa e da un intento anche formativo, quest'anno la fiera non sarà solo vetrina ma soprattutto fabbrica. Si chiama Know how 4.0 il progetto che si propone di esemplificare praticamente ciò che sarà il futuro della produzione, con un intreccio di tradizione e innovazione, consistente nella rappresentazione in loco di uno spaccato della fabbrica di nuova generazione dove tutto sarà collegato e le varie componenti della catena di produzione comunicheranno tra loro al fine di snellire il processo e renderlo sempre più fluido e versatile. Nella stessa area saranno presenti Industrial Software, Centri di Ricerca, Start-up e l'Ordine degli Ingegneri che, nel corso dei tre giorni di fiera, organizza cinque sessioni formative di mezza giornata tenute da esperti iscritti all'Ordine e giuristi di settore, focalizzate sull'evoluzione normativa e sulle problematiche di Security nei processi industriali.

### Le aziende che partecipano al progetto Know how 4.0:

ABB; ANIE AUTOMAZIONE; BECKHOFF AUTOMATION; B&R AUTOMAZIONE INDUSTRIALE - COMAU - DATALOGIC; BONFIGLIOLI MECHATRONICS DRIVE SOLUTION - HSD MECHATRONICS; BOSCH REXROTH; CAD SOLUTION PROVIDER E DESIGN SYSTEM; CAMOZZI DIGITAL - MARZOLI; EFA AUTOMAZIONE; ESA AUTOMATION - FANUC ITALIA; FESTO; HILSCHER ITALIA; KLAIN ROBOTICS - DENSO; MITSUBISHI ELECTRIC - COPAN ITALIA; PHOENIX CONTACT - ROBOX; PILZ ITALIA; OMRON ELECTRONICS; RITTAL; ROCKWELL AUTOMATION; SCHNEIDER ELECTRIC; SEW EURODRIVE - SICK; SIEMENS - KUKA ROBOTER



ITALIA; YASKAWA ITALIA.

### PROGRAMMA DEGLI INCONTRI DI AUTOMAZIONE IN FIERA

#### 24 maggio

- "IoE Talks: la fabbrica in digitale" di Cisco
- Appuntamento con la tecnologia: Progettazione meccatronica (CFP)

#### 25 maggio

- Presentazione dati di settore, ANIE Automazione
- "Industria 4.0: la nuova frontiera della Competitività industriale" di Roland Berger
- Tavola Rotonda Automotive - Mass Customization: flessibilità ed efficienza produttiva
- Meccatronica e Industria 4.0. L'evoluzione di servizi e soluzioni dal mondo del controllo del movimento e della potenza fluida, Assofluid
- Appuntamento con la tecnologia: IoT e Big Data (CFP)

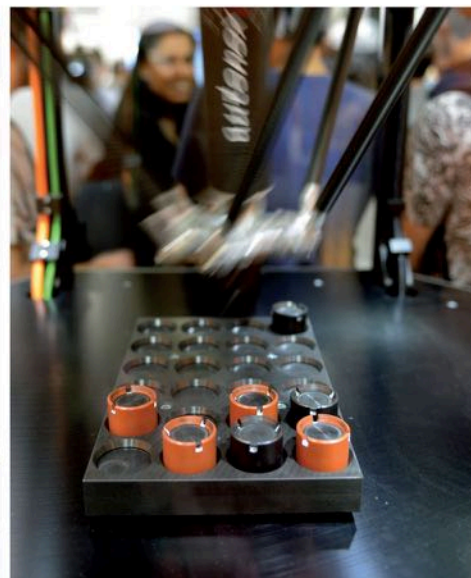
#### 26 maggio

- Tavola Rotonda Food&Pharma
- Minimizzazione e personalizzazione dei lotti di produzione

Ogni sessione organizzata dall'Ordine e le sessioni tecniche Progettazione meccatronica e IoT e Big Data, danno diritto al riconoscimento di crediti formativi (CFP). Programma degli incontri di automazione in fiera.

Invitiamo a consultare il programma di visita che, pensato per tutti gli attori del settore, risponde ad ogni tipo di esigenza. L'ingresso in fiera è gratuito, previa registrazione.

Maggiori informazioni su [www.spsitalia.it](http://www.spsitalia.it).





# IL PUNTO SUL PETROLIO

Il petrolio copre una percentuale molto elevata del consumo energetico mondiale (fra un terzo e la metà dell'energia primaria), ma soprattutto è un materiale energetico *strategico*, ossia serve in alcune applicazioni chiave: trasporti, agricoltura, miniere. Il petrolio, inoltre, è una materia prima di importanza critica nella chimica di base. Ne segue che l'andamento del suo prezzo e del suo mercato sia molto importante.

La lotta fra i produttori per accaparrarsi un mercato in crisi, ha avuto come effetto l'abbassamento dei prezzi, che sono arrivati attorno ai 30 \$/b. Ora per comprendere bene cosa avviene occorre anzitutto avere dati ragionevoli in cui il cambiamento del valore della moneta usata per gli scambi, il dollaro americano, sia tenuto in conto. Nel più ampio e conosciuto database pubblico (quello della BP [1]) si vede bene come, nonostante il valore attuale sia più basso di quello anche di pochi anni fa, quando era arrivato oltre i 100 \$/b, un prezzo di 30 \$, a valori costanti è circa 3 volte maggiore del prezzo del 1970, che segnò il minimo assoluto di mercato.

In un recente poster presentato ad Enerchem 2016 [2] a Firenze altri colleghi ed io abbiamo mostrato il diagramma di fase del petrolio di Fig. 1: la relazione fra prezzo e produzione è indicata dalla linea rossa dei prezzi medi annuali; la freccia blu individua il valore "crescente" dei prezzi minimi che hanno segnato gli ultimi 50 anni e che segue un trend chiaramente crescente, no-

nostante la recente e non unica discesa. Il petrolio ha avuto un comportamento "elastico," adattandosi alle esigenze del mercato per quasi 120 anni, ma dal 1970, anno che ha segnato il picco del petrolio "americano", la situazione è cambiata nettamente, con almeno due importanti fasi anelastiche (fra il 1973 e il 1984 e fra il 2008 ed oggi, le zone a prezzi più alti sul grafico) che hanno segnato la storia mondiale, non solo delle materie prime (i punti rossi sono medie annue legate dalla linea nella successione temporale dal 1965 al 2015).

È l'effetto del crescente costo di produzione ("sostanzialmente" il reciproco dell'EROEI = energia ottenuta/energia investita) del petrolio: buona parte del petrolio sul mercato è oggi venduto sottocosto per rispondere all'attacco dei Paesi come l'Arabia Saudita, che può permettersi prezzi veramente bassi, ma che di fatto ha riserve ormai limitate.

La relazione complessa fra zone del mondo e prezzo di produzione è stata analizzata e pubblicata in un bel grafico interattivo da *The Economist* [3], di cui vi mostro qui due esempi (Fig. 2). A 20 dollari, dei 1.739 miliardi di barili (Gb) ancora sottoterra e tecnicamente estraibili, solo 339 possono essere estratti senza perdite e si trovano quasi tutti nei Paesi del Golfo (zone verde scuro del grafico, si ricordi che il consumo mondiale attuale è attorno ai 40 Gb/anno e che al diminuire dell'EROEI diminuisce l'energia netta ottenuta).

La situazione cambia completamente passando a 80 \$/b: adesso sarebbero estraibili senza perdite 1.039 Gb che mettono in gioco Brasile, Canada, Russia ed USA (ma con il 60% nei Paesi del Golfo) e solo arrivando sopra questa soglia il potenziale americano dello "shale oil" può esplicarsi. Questi grafici rivelano la situazione reale dietro le chiacchiere dell'abbondanza petrolifera USA. Negli ultimi mesi ci sono stati molti fallimenti e le imprese dello shale non possono reggere il gioco ancora per molto a causa degli enormi debiti che hanno contratto. Se il prezzo non aumenta velocemente sono fuori mercato, devono chiudere. Ma questi grafici ci dicono anche un'altra cosa: la parte "buona" (ad alto EROEI o basso costo di produzione) del petrolio mondiale è stata estratta quasi tutta; se si eccettua il petrolio mediorientale il resto ha costi di estrazione molto elevati (e anche contenuto energetico netto inferiore); se non ci fosse già il clima a dirci che dobbiamo cambiare strada nella produzione di energia, basterebbe una guardata a questi grafici per convincerci che il petrolio ci abbandonerà nei prossimi decenni.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BP-statistical-review-of-world-energy-2015-workbook
- [2] Enerchem, 18-20 febbraio 2016, Firenze, Poster L. Celi *et al.*
- [3] [http://infographics.economist.com/2015/oil\\_extraction/](http://infographics.economist.com/2015/oil_extraction/)

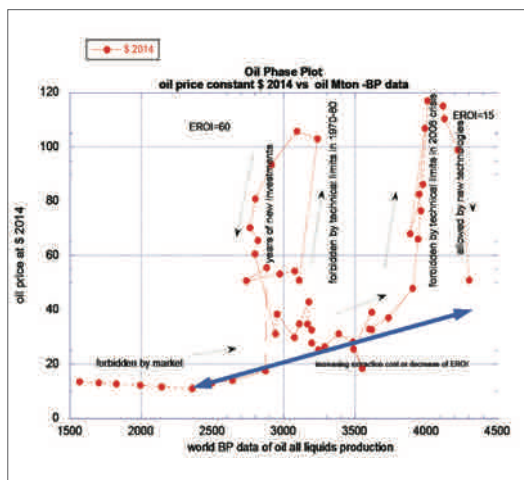


Fig. 1

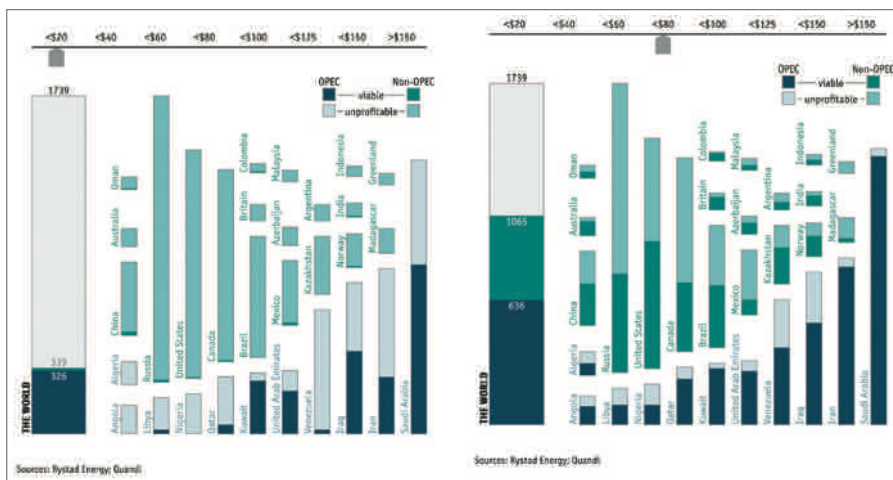


Fig. 2



Vetreteria di laboratorio  
Lavorazioni artistiche e di design

# Nemo Glass Srl



Nemo Glass nasce dal sodalizio fra Maestri vetrai, artigiani specializzati nell'antica tecnica della soffiatura e un gruppo di giovani imprenditori provenienti da esperienze nei settori chimico e ambientale. La sapiente lavorazione del vetro mediante l'antica tecnica della "soffiatura" affidata ai nostri maestri artigiani e l'impiego di moderne apparecchiature necessarie alle varie fasi di lavorazione consentono la produzione di un'ampia gamma di prodotti, mantenendo standard eccellenti che solo il tocco umano e un preparatissimo occhio esperto possono garantire. Nelle nostre officine con tecniche commerciali innovative, controlli severi nella qualità dei prodotti finiti, si realizzano oggetti in vetro soffiato di qualsiasi forma, colore e dimensione, come da design del cliente.

La Nemo Glass Srl si caratterizza per:

- **Produzione di vasta gamma di prodotti per laboratori chimici, enologici di profilassi e batteriologici in grado di soddisfare le necessarie esigenze tecniche come qualità in vetro, finitura, peso e micro misurazione.**
- **Serigrafie indelebili, fissate ad alta temperatura; marchio aziendale imprimibile su tutti i prodotti richiesti.**
- **Creazione di qualsiasi oggetto in vetro, di settore e/o artigianale.**
- **Specializzazione nell'effettuare riparazioni in vetro di oggetti e accessori.**
- **Allestimento di laboratori sia fissi che mobili completi e chiavi in mano.**
- **Spedizione tempestiva degli ordini in tutta Europa.**



# sps ipc drives

ITALIA

Tecnologie per l'Automazione Elettrica  
Sistemi e Componenti  
Fiera e Congresso  
Parma, 24-26 maggio 2016



+39 02 880 778.1  
visitatori@spsitalia.it

## Il futuro della fabbrica intelligente ti aspetta in fiera

Incontri di automazione a SPS Italia



24 maggio

Cisco a SPS Italia per l'appuntamento - "IoE Talks: la fabbrica in digitale"  
Appuntamento con la tecnologia - **IoT e Big Data (CFP\*)**

**IoE@Talks**  
LA FABBRICA IN DIGITALE

**CISCO** In Collaborazione con Intel **intel**

25 maggio

ANIE Automazione a SPS Italia - **Presentazione dati di settore**

Roland Berger per SPS Italia - **Industry 4.0: la nuova frontiera della Competitività industriale**

Tavola Rotonda Automotive - **Mass Customization: flessibilità ed efficienza produttiva**

Assofluid a SPS Italia - **Meccatronica e Industria 4.0. L'evoluzione di servizi e soluzioni dal mondo del controllo del movimento e della potenza fluida**

Appuntamento con la tecnologia - **Progettazione meccatronica (CFP\*)**



26 maggio

Tavola Rotonda Food&Pharma

**Minimizzazione e personalizzazione dei lotti di produzione alimentare**  
**Produrre medicinali su misura: futuro o realtà?**



\* Riconoscimento di crediti formativi da parte dell'Ordine degli Ingegneri

Partecipazione gratuita, registrati su [www.spsitalia.it](http://www.spsitalia.it)



Scarica la APP ufficiale

messe frankfurt