

### Ricerca scientifica e tecnologica.

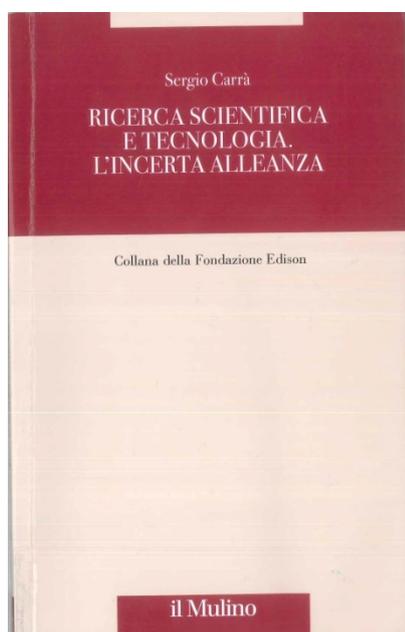
#### L'incerta alleanza

S. Carrà

*Il Mulino (collana della Fondazione Edison)*

Pag. 176, brossura, 13 euro

La tecnologia, nata in modo anonimo nella preistoria, ha accompagnato l'evoluzione umana in un rapporto dialettico con la ricerca scientifica che ha prodotto grandi risultati, pur essendo talora contraddistinta da aspetti incerti e conflittuali. Rapporto che merita un approfondimento poiché spetta alla tecnologia l'incombenza di risolvere i problemi che affliggono oggi l'umanità, includenti la diminuzione delle risorse, le malattie endemiche, il degrado ambientale e i problemi della crisi economica che ha investito i Paesi occidentali.



Attualmente lo sviluppo delle tecnologie procede in sinergia con la ricerca scientifica attraverso un connubio che ha portato, in particolare nel secolo scorso, a risultati straordinari.

L'autore del libro riporta la storia dello sviluppo delle tecnologie dal Settecento fino ai nostri giorni e del loro rapporto con la scienza, citando illustri scienziati e premi Nobel. All'inizio cita Vannevar Bush, consulente scientifico del presidente degli Stati Uniti che nel 1943 in un documento dal titolo "Scienza, la frontiera senza confini" affermava che per accelerare lo sviluppo economico fosse necessario investire in ricerca fondamentale, poiché le scoperte scientifiche hanno una grande ricaduta sulle tecnologie e sulla vita delle persone. Pertanto la loro applicazione, grazie alle tecnologie, ha contribuito in modo significativo ad ottemperare le necessità umane. Le scoperte scientifiche sono guidate dalla curiosità, ma spesso offrono le

informazioni per risolvere problemi applicativi. Pertanto è quanto mai opportuno agevolare le interazioni fra scienziati e tecnologi, malgrado spesso sia difficile individuare le linee e i temi delle ricerche che possano avere un'applicazione tecnologica.

La ricerca scientifica e la tecnologia in gran parte si sono sviluppate in maniera indipendente e in diversi casi la seconda ha preceduto la prima. Le scoperte scientifiche trovano spesso riscontro in modelli innaturali, che hanno dato origine a un dibattito di contenuto filosofico che si è protratto per molto tempo. Questo fatto è stato evidenziato da Richard Feynman, uno dei fondatori della meccanica quantistica, che scrisse: "Credo di potere con sicurezza affermare che nessuno comprende la meccanica quantistica".

Le finalità della tecnologia sono soprattutto volte alla fornitura di prodotti e dispositivi che servano a migliorare il comportamento dell'uomo, e meno alla curiosità, che costituisce il motore della scienza. In realtà il desiderio è quello di sfidare la natura per poter surrogare quanto ci offre.

Per rispondere a queste domande Carrà ripercorre lo sviluppo delle tecnologie ed il loro legame con la scienza, offrendo la storia di una delle più belle ed entusiasmanti avventure dell'uomo.

La tecnologia moderna ha avuto l'esordio con la scoperta della macchina a vapore agli inizi del Settecento grazie all'invenzione da parte del matematico e fisico Daniel Papin del primo motore a vapore funzionante con il moto alternativo di un pistone. Questo motore fu perfezionato da

Thomas Newcomen che costruì il primo motore termico, modificato successivamente dall'ingegnere scozzese James Watt nella metà del Settecento con l'aggiunta di una camera di condensazione separata. Il primo concreto contributo scientifico avvenne con Sadi Carnot che nel 1824 scoprì il secondo principio della termodinamica.

I successi seguenti sono noti: in particolare meritano una menzione i due italiani Eugenio Barsanti e Felice Matteucci che brevettarono nel 1853 un motore a combustione interna, e l'ingegnere tedesco Rudolph Diesel che, alla fine dell'Ottocento, brevettò un motore nel quale l'accensione avveniva per aumento della pressione. La scienza ritornò a dare il suo contributo prima con William Thomson (Lord Kelvin) che partendo dagli studi di Carnot tenne a battesimo una nuova scienza, la Termodinamica, e introdusse il concetto di rendimento termico per calcolare l'efficacia di una macchina a vapore, e poi nel 1864 con Rudolf Clausius, professore a Zurigo, che formulò in maniera definitiva il secondo principio della termodinamica, introducendo il concetto di entropia. Lo sviluppo della macchina a vapore è un esempio in cui la tecnologia ha preceduto la scienza.

La chimica industriale esordì anch'essa con un taglio tecnologico dovuto a Friedrich Boettger, che ebbe l'incarico dal principe di Sassonia di trasformare dei minerali comuni in oro, ma riuscì a produrre solo dell'ottima porcellana che gli permise di costruire una fiorente industria. Tuttavia il debutto ufficiale della chimica ha le stimmate della scienza poiché risale alla fine del Settecento, quando John Dalton ipotizzò che la materia fosse costituita da particelle microscopiche, chiamate atomi, e dalla loro aggregazione. Successivamente Antoine Lavoisier e Jacob Berzelius posero le basi per la trasformazione della materia, per arrivare a Stanislao Cannizzaro che chiarì nel 1865 il rapporto fra atomi e molecole. A valle di questi scienziati ci sono due illustri tecnologi, Justus von Liebig, che mise a punto i primi fertilizzanti, e Fritz Haber che, all'inizio del Novecento, mise a punto la sintesi dell'ammoniaca. Pertanto lo sviluppo della chimica è articolato su una piena sinergia fra scienza e tecnologia.

La scoperta dell'aviazione moderna nasce all'inizio del Novecento con i fratelli Wright, che misero a punto il primo aereo con motore a combustione interna, mentre i fondamenti della fluidodinamica, che costituiscono la base teorica del volo, si possono fare risalire a Daniel Bernoulli, che nel 1738 formulò la descrizione matematica del moto di un fluido in un condotto. In realtà la formalizzazione della dinamica dei fluidi, che si riconduce alle ipotesi di Archimede, è dovuta ad Eulero, che nel 1755 descrisse con linguaggio matematico il moto di un fluido, ed agli ingegneri Louis Navier, francese, e George Stokes, inglese, che completarono l'equazione di Eulero introducendo gli effetti della resistenza interna, ovvero la viscosità, per arrivare infine al professore tedesco Ludwig Prandtl che nel 1905 introdusse il concetto di strato limite. Nel settore del volo si può dunque dire che tecnologia e scienza che hanno operato in sinergia.

L'inizio dell'elettromagnetismo si può fare risalire agli scienziati, in particolare Michael Faraday, André Marie Ampere e Christian Orsted, che individuarono l'esistenza di un campo elettrico e di un campo magnetico. Spetta a James Clerk Maxwell, professore a Cambridge, il merito di avere espresso in forma matematica tutti i lavori precedenti. La teoria di Maxwell ebbe la conferma sperimentale nel 1886 da parte di Heinrich Hertz, che riuscì a generare in laboratorio onde elettromagnetiche compatibili con la teoria di Maxwell, che possono essere chiamate luce artificiale. Spetta, invece, a Guglielmo Marconi, che era sostanzialmente un dilettante, la prima applicazione tecnologica della teoria dell'elettromagnetismo di Maxwell con la scoperta del telefono senza fili, scoperta per la quale gli fu assegnato il premio Nobel per la Fisica.

Nel ventesimo secolo scienza e tecnologia hanno proceduto insieme sotto l'etichetta R&D (Ricerca e Sviluppo). La chimica industriale si sviluppò con il largo utilizzo di processi catalitici che dalla sintesi dell'ammoniaca avevano generato quella di metanolo da gas di sintesi. Recentemente la chimica fondamentale si è rinnovata grazie al contributo della meccanica quantistica che ha reso disponibili metodi di calcolo in grado di simulare con ragionevole accuratezza i risultati sperimentali, agevolando, pertanto, la messa a punto di processi industriali. Quindi l'industria

chimica, ormai proiettata verso il gigantismo, si trovò in possesso di metodi di progettazione sempre più complicati e accurati per evitare costose e lunghe sperimentazioni. Così, grazie al connubio fra meccanica quantistica e calcolo elettronico, i chimici ebbero a disposizione efficaci metodi di calcolo per lo sviluppo di tutti i suoi settori.

Nello stesso periodo si sono sviluppate le nanotecnologie, con molteplici ricadute in settori industriali: nei trasporti (con la messa a punto di materiali più leggeri e più sicuri), nella farmaceutica, nella chimica di sintesi, nell'elettronica e nella comunicazione, nella cura dell'ambiente (materiali per il filtraggio e sensori).

La trasformazione della biologia in biotecnologia ha inoltre permesso di sintetizzare prodotti chimici, farmaceutici e fitofarmaci dando il più grande contributo alla scoperta di nuovi farmaci.

Senz'altro si può affermare che nel ventesimo secolo le innovazioni tecnologiche in gran parte derivarono dallo sviluppo della scienza: le comunicazioni dalla teoria dell'elettromagnetismo, i laser dall'ottica quantistica, la tecnologia chimica dalla catalisi e dalla cinetica, i transistor dalla teoria della semiconducibilità, l'energia nucleare dalla teoria delle reazioni a catena, la biotecnologia e la bioinformatica dalle scienze della vita.

Nonostante questi successi la fine del secolo è caratterizzata da un diffuso scetticismo, alimentato dai media e dalla letteratura, nei riguardi della scienza per il timore di non saper controllare l'uso improprio delle scoperte scientifiche. Esempi emblematici di questo scetticismo sono il film "Il dottor Stranamore" di Stanley Kubrik ed il libro di Alberto Moravia "Il diavolo non può salvare il mondo".

Recentemente è affiorata la preoccupazione per i cambiamenti climatici dovuti all'effetto serra, provocato dalle attività umane.

La fine del secolo è caratterizzata dalla perdita del predominio della fisica nelle scienze, che tende ad essere avvicinata dalla biologia. Le direzioni emergenti sono l'utilizzo di modelli per la simulazione dei comportamenti sociali mutuati dalla fisica statistica, la scienza dei materiali, l'informatica e le comunicazioni, le biotecnologie e le nanotecnologie. Significativo è il connubio della tecnologia con l'estetica, che trova riscontro nella costruzione di modelli automobilistici sempre più accattivanti, e nell'elaborazione elettronica della trasmissione e rappresentazioni di immagini.

Nonostante all'inizio del volume venga citato il premio Nobel per la Chimica del 1962 Sir John Kendrew, quando affermava che gli scienziati non possono prevedere il futuro, il libro si conclude azzardando previsioni sul futuro della scienza. Nel campo della fisica sembrerebbe che la scoperta del bosone di Higgs costituisca l'atto conclusivo di un'avventura, quella delle particelle elementari. Viceversa lascia ancora aperti grossi problemi, primo fra tutti quello di unificare la meccanica quantistica con la gravità: si tratta di un'autentica sfida per il futuro, poiché la teoria delle stringhe non ha ancora trovato un adeguato riscontro con l'esperienza.

Un'altra grande prospettiva riguarda lo sviluppo dei metodi di calcolo e di simulazione. Un obiettivo ambizioso è la messa a punto di calcolatori quantistici, con capacità praticamente illimitate, ma difficili da realizzare, per la difficoltà di mantenere un sistema isolato da interazioni con l'ambiente esterno che distrugge l'*entanglement* fra le particelle in gioco (fotoni, elettroni). Un nuovo settore in fase di sviluppo è quello dell'ingegneria metabolica, nel cui ambito si modificano i genomi di batteri procariotici rendendoli in grado di conferire alla cellula un particolare comportamento nella sintesi di determinati composti. Una sfida è quella di modificare opportunamente il ciclo metabolico dello stadio *dark* della fotosintesi per riciclare direttamente la CO<sub>2</sub>.

Per quanto riguarda il problema della diminuzione delle risorse, soprattutto dei carburanti che coprono l'85% del fabbisogno di energia, la situazione è meno drammatica di quanto si credesse. Le riserve di carbone hanno una durata di 300 anni, del gas naturale di 150 anni e il temuto picco del

petrolio, ossia il consumo del 50% delle riserve, continua ad allontanarsi grazie alla scoperta di nuovi giacimenti e al miglioramento dei processi di estrazione.

Per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub>, pur essendo aumentate in questi ultimi anni, la loro rilevanza sui cambiamenti climatici risulta ancora incerta, tale comunque da non limitare gli studi sulla sua evoluzione in modo da poter elaborare opportune strategie, che permettano di eluderne gli eventuali pericoli, basate comunque sulle tecnologie.

In conclusione Sergio Carrà, dopo avere preso atto che il livello tecnologico è correlato a quello del benessere, sottolinea che le istituzioni dovrebbero impegnarsi maggiormente per promuovere la sinergia fra ricerca pura e ricerca applicata, consapevoli che quest'approccio costituisce una componente fondamentale della nostra cultura. La tecnologia nel prossimo futuro deve affrontare i difficili problemi riguardanti le risorse, la salute e il degrado ambientale. Per risolvere questi spinosi, e per certi aspetti angoscianti, problemi è necessario che si crei un quadro istituzionale in grado di promuovere scelte sociali ed economiche che, nell'attuale panorama globalizzato, permettano di sfuggire al declinante destino finale che ha accompagnato nella storia l'evoluzione delle grandi civiltà.

Perché allora non sfidare il prof. Carrà ad offrire in un prossimo volume un approfondimento su come questi aspetti si possano integrare con quelli affrontati in questa stimolante opera?

*Ferruccio Trifirò*

## The Role of Catalysis for the Sustainable Production of Bio-fuels and Bio-chemicals

*K. Triantafyllidis, A. Lappas, M. Stöcker (Eds.)*

*Elsevier*

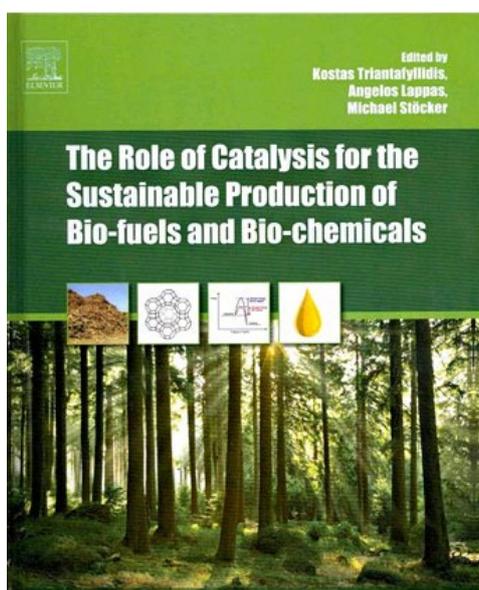
*Pag. 608, rilegato, 54 euro (disp. anche in ebook)*

**N**egli ultimi vent'anni la ricerca e lo sviluppo tecnologico nel settore dei biocombustibili e della bioenergia sono stati tra i principali obiettivi dell'università e dell'industria. La necessità di sostituire i combustibili tradizionali con dei biocombustibili (es. alcoli da biomasse, oli vegetali, biogas da materia organica, residui e pellets del legno, ecc.) è dipesa

principalmente da politiche di controllo ambientale con strategie precise per prevenire l'inquinamento e proteggere la salute umana. D'altra parte, da anni l'Unione Europea affronta questioni energetiche e ambientali sia sotto il profilo della sostenibilità e dell'emissione di gas serra sia dal punto di vista della sicurezza degli approvvigionamenti e della dipendenza energetica.

La riconversione di tecnologie tradizionali in moderni processi eco-compatibili, che impieghino fonti energetiche alternative, ben si colloca in uno sviluppo sostenibile. In tale scenario, la sintesi di nuovi catalizzatori e lo sviluppo di processi catalitici innovativi svolgono un ruolo fondamentale per la produzione di combustibili e prodotti chimici utilizzando le diverse biomasse.

Nonostante numerosi libri siano già stati pubblicati su tematiche riguardanti la "chimica verde", in grado di adottare processi e materie prime a ridotto impatto ambientale, sono ancora relativamente pochi i testi che considerano le effettive potenzialità della catalisi nella valorizzazione delle biomasse e



dei suoi prodotti di conversione. Questo libro affronta, invece, esaurientemente il ruolo della catalisi nella produzione di biocombustibili e di prodotti chimici. Infatti, nonostante il testo riporti diversi aspetti tecnici ed economici legati alla produzione di biomasse e alla loro conversione, numerosi capitoli sono dedicati allo stato dell'arte di catalizzatori e processi catalitici per la produzione di bio-combustibili e prodotti chimici da biomasse. In particolare, sono considerati sia i meccanismi di reazione coinvolti nei vari processi catalitici, sia le diverse relazioni tra l'attività catalitica e le proprietà chimico-fisiche dei catalizzatori. Inoltre, si affrontano temi riguardanti lo scale-up di nuovi processi catalitici.

Nonostante il libro sviluppi maggiormente aspetti legati alla conversione delle biomasse di tipo lignocellulosico, esso comprende anche due capitoli riguardanti la conversione catalitica di grassi e oli vegetali in combustibili e la produzione di biodiesel con catalizzatori eterogenei. Inoltre, sono riportati diversi altri processi d'interesse industriale, tra cui la pirolisi catalitica e la sintesi di Fischer-Tropsch.

Gli ultimi capitoli del libro sono invece dedicati alla produzione dell'idrogeno da bio-oli, mediante il reforming catalitico con vapore acqueo, e ai processi fotocatalitici per la produzione di idrogeno e la conversione di anidride carbonica in combustibili e prodotti chimici.

In sintesi, questo libro può essere un valido riferimento per studenti universitari (PhD e post-doc), ricercatori ed esperti nell'industria che operano nel settore della valorizzazione catalitica delle biomasse, fornendo una vasta panoramica sui recenti sviluppi nel settore.

*Marco Piumetti*

## Liquid Phase Oxidation via Heterogeneous Catalysis: Organic Synthesis and Industrial Applications

*a cura di M.G. Clerici, O.A. Kholdeeva*

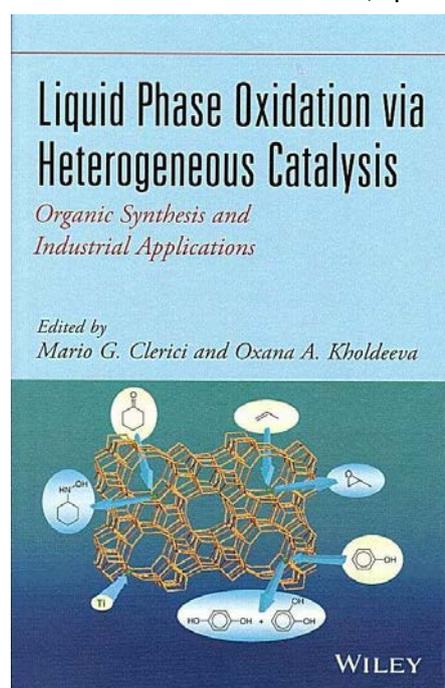
*Wiley*

*Pag. 546, rilegato, 120 euro (disp. anche in ebook)*

È alquanto raro trovare, negli ultimi anni, un libro specialistico nel campo della catalisi eterogenea che presenti, in modo equilibrato e obiettivo, tanto gli aspetti fondamentali a livello di ricerca di base, quanto le potenzialità o gli svantaggi di un'applicazione industriale su

scala produttiva per una determinata classe di catalizzatori. Spesso, infatti, questo genere di testi sono curati da esperti di estrazione puramente accademica, con pochi o saltuari contatti con le realtà dello sviluppo precompetitivo industriale, che raccolgono prevalentemente contributi da autori del mondo della ricerca pura, talvolta con una visione parziale e limitata dei problemi legati alla scala commerciale. Ne risultano perciò libri che differiscono ben poco dalle rassegne, più o meno estese, che si possono facilmente trovare nella letteratura scientifica e nelle riviste di quotidiana consultazione. Non è infrequente, inoltre, che tali libri si riducano ad essere disomogenee raccolte di articoli monotematici, redatti sì da grandi esperti, ciascuno nel proprio campo, ma senza un vero e proprio piano dell'opera organico.

Questo libro, al contrario, rappresenta uno degli esempi più felici tra i testi pubblicati nel 2013, poiché riunisce sotto un



unico titolo e in modo organizzato non solo una serie di contributi presentati da alcuni dei gruppi di ricerca più affermati a livello internazionale nel campo delle ossidazioni catalitiche in fase eterogenea, ma anche un corredo di approfondimenti tematici con esempi di applicazioni industriali di maggior successo, scritti proprio dai ricercatori industriali che hanno partecipato in prima persona allo sviluppo dei processi produttivi su scala commerciale. Il piano dell'opera stesso segue una logica ben organizzata e graduale, passando dalla descrizione degli ossidanti, alla sintesi dei catalizzatori solidi di ossidazione, alla caratterizzazione e all'impiego dei catalizzatori per le sintesi organiche industriali; grazie a ciò, sebbene il volume sia stato redatto a più mani, non si avvertono bruschi cambi di stile o di leggibilità passando da una sezione all'altra.

Entrando nel dettaglio, il testo pone la dovuta attenzione a tutte le fasi che portano alla scelta, allo sviluppo e alla messa a punto di una reazione di ossidazione selettiva catalizzata da sistemi eterogenei. Anzitutto, gli ossidanti presi in considerazione nel testo sono esclusivamente ossigeno molecolare, aria, idroperossidi organici e, soprattutto, perossido di idrogeno; altri ossidanti di maggior impatto ambientale o economico non sono stati riportati, perché ritenuti non adeguati ad un modo di "fare sintesi organica industriale" nel XXI secolo. Segue un'ampia sezione su sintesi, caratterizzazione e impiego di setacci molecolari come catalizzatori: zeoliti, zeotipi (tra cui non poteva mancare l'impareggiabile titaniosilicalite 1, TS-1), metallo-alluminofosfati porosi e metallosilicati mesoporosi sono senza dubbio i sistemi su cui la ricerca di base internazionale ha riversato le maggiori aspettative. I sistemi catalitici supportati, come i metalli in basso stato di ossidazione (in primo luogo, l'oro nanodisperso), i poliossometallati e i complessi metallici, tutti supportati e impiegati in reazioni di ossidazione selettiva in fase liquida, occupano la seconda sezione del testo.

La terza sezione è invece dedicata alle recenti tendenze che impiegano le strutture porose metallorganiche (*metal-organic frameworks*, MOF) e i fotocatalizzatori eterogenei, in particolare a base di diossido di titanio o poliossotungstati, come sistemi innovativi per un'ossidazione maggiormente sostenibile, anche sfruttando ossigeno molecolare come ossidante diretto.

La sezione finale, forse la più interessante del libro, perché più ricca di informazioni e di dati difficilmente recuperabili della letteratura scientifica convenzionale, si concentra sulle applicazioni industriali di maggior successo, tra cui la produzione di catecolo e idrochinone da fenolo, il processo di ammassimazione per la manifattura del nylon e la produzione di ossido di propilene con idroperossidi o acqua ossigenata. Anche in questa parte, la "gloria italiana" della TS-1 ha trovato un ruolo di primissimo piano.

In diversi capitoli, ampie tabelle comparative, che riportano in un'unica riga, in modo sinottico, tipo di catalizzatore, proprietà chimico-fisiche, condizioni di reazione e prestazioni catalitiche, consentono una facile e utile comparazione di un solido rispetto all'altro, guidando il lettore verso la scelta più adeguata in funzione dell'impiego desiderato. Inoltre, al termine del volume, un capitolo sugli aspetti di ingegneria chimica e di reattoristica legati ai processi di ossidazione in fase liquida rappresenta un valido aiuto per il ricercatore concentrato sul passaggio di scala dalle condizioni di laboratorio al processo produttivo.

Questo libro può dunque essere uno strumento utile sia per il ricercatore esperto nel settore che voglia disporre di un testo cui fare costante e rapido riferimento, sia per tutti coloro che, già con una buona esperienza in altri campi della catalisi eterogenea, vogliono cimentarsi per la prima volta su questi temi, prendendo spunto da un volume in cui siano riassunti e raccolti gli aspetti e i risultati più rilevanti e aggiornati (i riferimenti coprono infatti la letteratura fino a tutto il 2012) nell'ambito delle ossidazioni selettive sostenibili.

*Matteo Guidotti*