

# Eco-innovazione dei processi industriali

Anche se la tecnologia da sola non è sufficiente per ridurre la pressione di una popolazione in continua crescita su risorse limitate, l'innovazione tecnologica può giocare un ruolo fondamentale nell'orientare i processi industriali verso un modello di produzione più sostenibile

■ Pasquale Spezzano

Lo sviluppo dell'industria manifatturiera è stato un fattore decisivo per la crescita economica nel mondo occidentale negli ultimi due secoli. Per gli stessi motivi, lo sviluppo industriale è una priorità per i paesi emergenti che cercano di creare occupazione, fornire beni e servizi ed elevare gli standard di vita. Nessun paese ha raggiunto lo status di paese "sviluppato" senza la crescita del suo sistema industriale. Lo sviluppo economico e sociale nei paesi industrializzati è stato però ottenuto con un elevato costo ambientale.

Le filiere produttive tradizionali più mature (siderurgia, chimica, cemento, carta ecc.) rappresentano ancora il motore dello sviluppo economico sia per i paesi sviluppati che per le economie emergenti: questi settori interessano rilevanti quote di occupazione e da questi settori dipendono altri importanti settori produttivi. Questi settori industriali hanno però elevate esigenze di energia e di risorse e producono ingenti quantità di emissioni e rifiuti. L'industria manifatturiera globale assorbe oltre il 30% dei consumi energetici, il 25% di risorse primarie, il 22% dei consumi di acqua ed è responsabile di circa un terzo delle emissioni di gas a effetto serra.

Tradizionalmente, la mitigazione degli impatti ambientali delle attività produttive industriali è stata demandata a soluzioni *end-of-pipe*. Queste soluzioni

tecnologiche non sono parti essenziali del processo produttivo e non modificano il processo stesso, ma sono applicate come stadio finale esclusivamente per il controllo dell'inquinamento. A differenza delle tecnologie *end-of-pipe*, la *cleaner production* (o *pollution prevention*) si basa sul principio di precauzione: l'attenzione si sposta verso la causa dell'inquinamento, ossia il processo industriale. Il concetto di *cleaner production* include anche l'uso efficiente delle risorse e la riduzione dei rifiuti. Il miglioramento delle prestazioni ambientali secondo i principi della *cleaner production* richiede modifiche ai processi, ai prodotti, alle strutture organizzative [1]. Anche se la pratica della *cleaner production* rimane all'interno dei confini organizzativi della singola azienda, essa costituisce il primo passo verso un approccio ambientale più integrato. È infatti centrale per una produzione eco-efficiente (fare di più con meno) e per il passaggio verso i sistemi di produzione *closed-loop*. L'applicazione dei concetti della *cleaner production* a livello macro porta direttamente al concetto di ecologia industriale.

Nonostante i molti progressi compiuti dall'industria nel migliorare le prestazioni ambientali, i benefici in molti casi sono stati annullati dai crescenti volumi di produzione e consumo. Risulta inoltre sempre più evidente che la sfida principale per il futuro è ridurre l'uso delle risorse naturali nella progettazione, produzione ed utilizzo di prodotti e materiali. I problemi ambientali oggi più importanti sono infatti legati all'uso (e all'abuso) delle risorse e dell'energia [2, 3]. L'estrazione delle

■ Pasquale Spezzano  
ENEA - Unità Tecnica Tecnologie Ambientali

risorse rinnovabili e non rinnovabili a livello mondiale è cresciuta più o meno costantemente da circa 38 miliardi di tonnellate nel 1980 a circa 68 miliardi di tonnellate nel 2008, con un tasso di crescita del 78% [4]. Già al livello attuale di consumo globale, la base di risorse naturali sulla quale la nostra società è costruita è in pericolo di sovra-sfruttamento [3]. In uno scenario *business-as-usual*, l'uso annuale globale delle materie prime potrebbe essere di 100 miliardi di tonnellate per l'anno 2030. Attualmente, circa l'80% della popolazione mondiale vive con meno di 10 dollari al giorno e nei paesi in via di sviluppo fasce sempre più larghe della popolazione aspirano allo stesso benessere materiale esistente nei paesi più industrializzati.

Finora, nessun paese al mondo ha raggiunto una condizione in cui un elevato sviluppo economico ed alti livelli di sviluppo sociale ed umano corrispondono ad un basso consumo di risorse pro-capite [5]. Un motivo di questo è che indirizzare i sistemi produttivi industriali ad alta intensità energetica e materiale verso una produzione più sostenibile è molto complesso. Spesso, il progresso tecnologico è stato visto principalmente in relazione alla produttività del lavoro piuttosto che come innovazione per l'utilizzo più efficiente delle risorse. Mentre la produttività del lavoro è notevolmente aumentata in linea con i progressi tecnologici, la produttività delle risorse ha visto solo un aumento marginale.

Un approccio verso modelli di produzione più sostenibili dell'industria manifatturiera rappresenta una sfida non secondaria per la realizzazione di una società più sostenibile. Ciò significa massimizzare l'efficienza energetica e delle risorse ed incentivare il riciclo. In molti casi, risultati significativi possono essere ottenuti semplicemente applicando le tecniche esistenti, quali le *Best Available Techniques* (BAT).

L'eco-innovazione è uno strumento essenziale per sviluppare nuove soluzioni in grado di ridurre l'impatto ambientale dei processi industriali. Come tutte le innovazioni, eco-innovare significa introdurre sul mercato un nuovo prodotto (bene o servizio) o introdurre una nuova soluzione nei processi produttivi ed organizzativi. Ciò che la distingue da altri tipi di innovazione è che l'eco-innovazione si traduce in vantaggi non solo economici ma anche ambientali. Qualsiasi innovazione può quindi

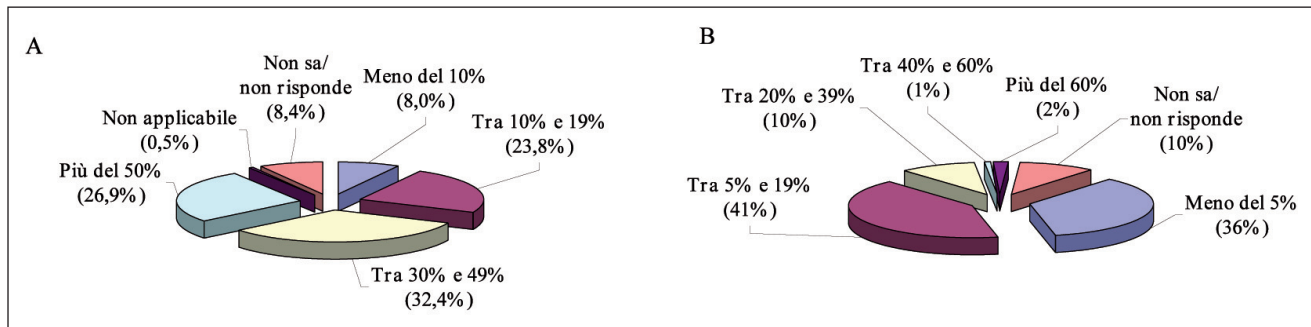
essere definita eco-innovazione se è possibile dimostrare i suoi benefici ambientali, ad esempio una riduzione dell'uso delle risorse naturali (minerali, metalli, energia, biomasse, acqua, suolo), una riduzione nel rilascio di sostanze inquinanti oppure una riduzione della quantità di rifiuti prodotta durante tutto il ciclo di vita.

L'eco-innovazione di prodotto e di processo tende ad essere strettamente legata al progresso tecnologico mentre l'eco-innovazione organizzativa si basa su meccanismi non-tecnologici. Queste innovazioni possono essere associate alle tecnologie *end-of-pipe* oppure alle pratiche di *cleaner production*. In ogni caso, la valutazione dei benefici ambientali è determinante per stabilire se l'innovazione possa essere classificata come eco-innovazione. Molte eco-innovazioni sono state realizzate senza la precisa intenzione di ridurre l'impatto ambientale ma come risultato non cercato degli sforzi effettuati per migliorare la redditività aziendale.

Un uso più efficiente dell'energia e delle risorse è una delle priorità della Strategia Europa 2020 [6]. In questo quadro, la Commissione Europea ha recentemente lanciato il Piano d'Azione per l'Eco-innovazione (Eco-AP) [7]. L'Eco-AP affonda le sue radici nel Piano d'Azione per le Tecnologie Ambientali (ETAP) [8]: il campo di azione si allarga oltre le tecnologie verdi per comprendere un concetto più ampio di innovazione.

## L'industria europea e l'eco-innovazione

In Europa, un numero limitato di settori economici contribuisce in modo significativo alle pressioni ambientali: l'agricoltura, l'industria di produzione dell'energia elettrica, i trasporti, l'edilizia (edifici ed infrastrutture) e l'industria manifatturiera di base (prodotti di raffinazione, chimica, minerali non metallici, metalli di base) [9]. Il 45% delle piccole e medie imprese europee nei settori manifatturiero, costruzioni, agricoltura, ciclo dell'acqua e industria alimentare ha introdotto almeno una soluzione eco-innovativa nel biennio 2009-2010 [10]. Nelle aziende dei settori agricolo, dell'acqua e manifatturiero il tipo più diffuso di eco-innovazione è l'innovazione di processo; le aziende nel settore delle costruzioni tendono ad introdurre nuovi prodotti o servizi sul mercato mentre le società del settore alimentare tendono a realizzare innovazioni di tipo orga-



**FIGURA 1** Incidenza dei costi dei materiali nelle piccole e medie imprese europee del settore manifatturiero (A) e riduzione nel consumo di materiali a seguito dell'introduzione di almeno un tipo di eco-innovazione (B).  
Fonte: Flash Eurobarometer 315 [10]

nizzativo [11]. In tutti i settori, la tendenza principale è di applicare eco-innovazioni finalizzate a migliorare l'efficienza energetica, mentre l'attenzione sull'uso più efficiente dei materiali è meno pronunciata.

Il settore manifatturiero ha la più alta quota di imprese che applicano nuovi processi produttivi orientati a ridurre l'uso di materiali. Per circa il 60% delle piccole e medie imprese europee del settore manifatturiero il costo dei materiali rappresenta infatti almeno il 30% dei costi totali e per circa il 27% delle aziende il costo dei materiali supera il 50% del totale (Figura 1A). Le strategie più frequentemente attuate dalle aziende manifatturiere per ridurre il costo dei materiali riguardano l'acquisto e/o lo sviluppo di tecnologie più efficienti seguite dall'introduzione di metodi più efficaci di riciclo, dal miglioramento della gestione dei flussi di materiali e dalla sostituzione dei materiali. Per il 41% delle aziende che hanno introdotto almeno un tipo di eco-innovazione, questa ha consentito una riduzione nel consumo di materiali tra il 5% ed il 19% a parità di output, mentre in circa 1/3 delle aziende la riduzione nell'uso dei materiali è stata inferiore al 5% per unità di prodotto. Riduzioni più radicali nell'uso di materiali (superiori al 40%) sono abbastanza rare (Figura 1B). Questi dati sono molto importanti in quanto mostrano che l'eco-innovazione ha un elevato potenziale di "risparmio delle risorse". Il miglioramento della produttività materiale, oltre a rappresentare un'opportunità per le aziende per ridurre i costi con conseguente miglioramento della competitività, si traduce anche

in una minore pressione ambientale (ridurre l'utilizzo delle risorse significa anche ridurre gli impatti ambientali negativi associati all'uso di tali risorse).

### Sviluppi tecnologici ed eco-innovazione nei processi industriali

Le industrie manifatturiere tradizionali hanno progressivamente introdotto pratiche di produzione più sostenibili che consentono un utilizzo più efficiente delle risorse naturali e riducono gli impatti negativi sull'ambiente. Gli sviluppi innovativi nei processi produttivi tradizionali dell'acciaio, ossia il ciclo integrato<sup>1</sup> ed il ciclo del forno elettrico ad arco<sup>2</sup>, e l'ottimizzazione della gestione delle risorse (energia, acqua, materiali, residui e sottoprodotti) hanno da un lato aumentato la produttività e dall'altro migliorato le prestazioni ambientali. Innovazioni più radicali nei processi industriali per la produzione dell'acciaio sono la riduzione diretta (*direct reduction*, DR) e la fusione diretta (*smelting reduction*, SR). Questi processi emergenti utilizzano gas naturale o carbone come agente riducente e non richiedono la produzione di coke metallurgico, eliminando quindi le emissioni legate alla produzione di coke. Aumenti di produttività e notevoli risparmi energetici possono essere ottenuti anche nelle fasi di laminazione a caldo ed a freddo dell'acciaio. Già a partire dagli anni 90, sono emerse nuove tecnologie di processo miranti a connettere direttamente la colata continua con il processo di laminazione (*Thin Slab Ca-*

sting, Thin Strip Casting, Direct Strip Casting) in modo da ottenere semilavorati di dimensioni più prossime a quelle del prodotto finale (*Near-net-shape-casting technology*). Il progetto ULCOS (*Ultra-Low Carbon Dioxide Steelmaking*), partito nel 2004, si prefigge di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> dai migliori impianti siderurgici di almeno il 50%. Il progetto ha già individuato possibili strade da percorrere per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> nell'industria siderurgica, che consentiranno anche significativi risparmi energetici [12].

La maggior parte degli interventi nell'industria cartaria dei paesi occidentali sono stati rivolti verso le tematiche ambientali (ad esempio il miglioramento della qualità degli effluenti derivanti dal processo di sbianca), la riduzione degli sprechi nel processo di produzione e l'efficienza energetica. Tra le tematiche che hanno guadagnato attenzione negli ultimi anni ricordiamo l'uso di enzimi per assistere al processo di de-lignificazione nella produzione della pasta per carta e le tecnologie per la gassificazione del *black liquor*<sup>3</sup> per produrre biocarburanti per autotrazione, oppure per l'estrazione di sostanze chimiche da utilizzare come base di partenza per la produzione di materiali in sostituzione di quelli derivati dal petrolio. Altre aree di sviluppo di eco-innovazioni nell'industria della carta riguardano gli adesivi solubili in acqua o che possono essere dispersi facilmente in acqua, gli inchiostri da stampa a base acquosa (più amichevoli dal punto di vista ambientale e della sicurezza in quanto non contengono olio minerale e solventi) e di tecnologie innovative di disinchiostrazione della carta da macero. La produzione di carta è un processo ad alta intensità energetica e molte eco-innovazioni sono pertanto rivolte all'efficienza energetica.

Le principali eco-innovazioni nell'industria chimica riguardano la minimizzazione dei rifiuti nei processi chimici, la sostituzione dei prodotti chimici convenzionali con sostanze meno tossiche ed a minore impatto ambientale e l'utilizzo di materie prime rinnovabili per la produzione di prodotti chimici e materiali. Campi aperti per l'eco-innovazione dell'industria chimica riguardano i catalizzatori eterogenei, la biocatalisi, l'uso di solventi alternativi, la progettazione di processi chimici *solvent-free* e lo sviluppo di tecnologie innovative quali i micro-reattori, i reattori a disco rotante, i

reattori a flusso continuo, i reattori a micro-canali ed i reattori a membrana catalitica. Molto lavoro è stato fatto sulle tecniche alternative per fornire energia ai processi chimici, in particolare l'utilizzo di radiofrequenze e microonde. L'utilizzo di materie prime rinnovabili per la produzione di prodotti chimici e materiali rappresenta sicuramente il campo più promettente di eco-innovazione per lo sviluppo verde dell'industria chimica. L'uso della biomassa nella produzione di bio-prodotti commerciali ed industriali consente notevoli benefici di tipo ambientale e socio-economico. L'innovazione nell'industria chimica passa anche attraverso innovazioni organizzative. Un esempio è fornito dal *Chemical Leasing* [13] introdotto da UNIDO. Con questo approccio, il cliente paga per i servizi resi dalla sostanza chimica e non per la sostanza stessa, mentre il fornitore rimane responsabile per il prodotto durante il suo intero ciclo di vita, compreso lo smaltimento. Per ridurre i suoi costi, il fornitore cercherà di ridurre la quantità di prodotti chimici utilizzati ed aumentare il tasso di riciclo.

Il settore delle costruzioni offre un enorme potenziale di eco-innovazione. L'impatto sull'ambiente dei materiali edili dipende, tra l'altro, dai materiali utilizzati e dalle esigenze in termini di risorse nel corso del ciclo di vita (dall'estrazione all'utilizzo, fino al riciclo o allo smaltimento). L'impatto ambientale della produzione del cemento potrebbe essere migliorato modificando il processo di produzione del clinker, il suo principale componente. Passando alle energie rinnovabili e migliorando le tecnologie in modo da consentire ai forni di funzionare a temperature inferiori o utilizzare il calore residuo, è possibile ridurre i consumi di combustibili fossili e le emissioni di CO<sub>2</sub>. Anche l'uso di materiali alternativi ha un forte potenziale eco-innovativo. Un'altra possibilità di eco-innovazione è rappresentata dal migliore riutilizzo dei materiali alla fine della loro vita: la costruzione di edifici in grado di essere disassemblati anziché demoliti renderebbe più facile il riutilizzo di tutti i materiali.

L'eco-innovazione è una strategia adatta a tutti i paesi e tutti i settori. Per i paesi più industrializzati il passaggio verso una produzione più sostenibile e con un minore impatto ambientale riduce il rischio di delocalizzazione delle attività produttive verso pa-



esi meno rigorosi. Con la delocalizzazione, gli impatti ambientali non sono visibili all'utente finale in quanto sono semplicemente spostati dal luogo di consumo a quello di produzione ma potrebbero peggiorare a livello globale. I paesi in via di sviluppo hanno invece

l'opportunità di sviluppare la propria base industriale e quindi puntare al proprio sviluppo economico e sociale, evitando i costi ambientali che hanno distinto il mondo occidentale durante il suo sviluppo industriale.

#### Note

1. Nel ciclo integrato l'acciaio viene prodotto per riduzione dei minerali di ferro attraverso una serie di processi tra loro correlati (cokeria, sinterizzazione, altoforno, convertitore ad ossigeno).
2. Nel forno elettrico ad arco l'acciaio viene prodotto essenzialmente per fusione di rottami ferrosi.
3. Il black liquor è il residuo liquido che si ottiene dal processo di attacco chimico del legno (cottura) per la produzione di pasta per carta. Questo residuo viene normalmente concentrato e successivamente combusto per recuperare il contenuto energetico.

#### Bibliografia

- [1] UNIDO, Environmental Management, Cleaner and Sustainable Production Unit. <http://www.unido.org>
- [2] Sustainable Europe Research Institute, Global 2000, Friends of the Earth Europe (2009), *Overconsumption? Our use of the world's natural resources*, SERI, Vienna. <http://www.seri.at>
- [3] European Environment Agency (2010), *The European Environment. State and Outlook 2010. Natural Resources and Waste*, EEA, Copenhagen. <http://www.eea.europa.eu/soer>.
- [4] Sustainable Europe Research Institute (2010), *Global Material Flow Database. 2010 Version*, SERI, Vienna. <http://www.materialflows.net>
- [5] Sustainable Europe Research Institute and Wuppertal Institute for Climate Environment and Energy (2011), *Resource use and resource efficiency in emerging economies. A pilot study on trends over the past 25 years*, Commissioned by UNIDO under the Green Industry Programme, SERI, Vienna.
- [6] Commissione Europea (2010), *Europa 2020 - Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, Comunicazione della Commissione. COM(2010)2020 del 3.3.2010, Bruxelles.
- [7] Commissione Europea (2011), *Innovation for a sustainable Future - The Eco-innovation Action Plan (Eco-AP)*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM (2011) 899 final del 15.12.2011, Brussels.
- [8] Commissione Europea (2004), *Incentivare le tecnologie per lo sviluppo sostenibile: piano d'azione per le tecnologie ambientali nell'Unione europea*, Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo COM (2004) 38 definitivo del 28.1.2004, Bruxelles.
- [9] European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production (2009), *Environmental Pressures from European Consumption and Production. A study in integrated environmental and economic analysis*, Working paper 1/2009, ETC/SCP, Copenhagen.
- [10] Commissione Europea (2011), *Attitudes of European entrepreneurs towards eco-innovation*, Flash Eurobarometer 315, The Gallup Organization, Hungary.
- [11] Statistical Office of the European Communities (2008). Sixth Community Innovation Survey, 2006-2008, Eurostat, Luxembourg. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>.
- [12] Consorzio ULCOS - Ultra-Low Carbon dioxide(CO2) Steelmaking. <http://www.ulcos.org>
- [13] UNIDO, Chemical Leasing. <http://www.chemicalleasing.com>