



COSA SIGNIFICA “FARE” CHIMICA VERDE E SOSTENIBILE?

Raggiungere la massima efficienza chimica di un processo/prodotto al minimo costo economico ed ambientale, minimizzando quindi gli sprechi, ottimizzando l'uso delle risorse, evitando sostanze e prodotti pericolosi e dando valore e nuova vita ai cosiddetti scarti dovrebbe essere l'obiettivo ideale di una metodologia chimica *green*. Nella realtà si deve cercare il giusto compromesso tra a volte opposte esigenze, che riguardano aspetti economici, sociali ed ambientali (Fig. 1), nel rispetto cioè del Profitto, delle Persone e del Pianeta (le cosiddette 3 P).

Son passati 35 anni dal rapporto Brundtland che definiva il concetto di sviluppo sostenibile: “Soddisfare le necessità del presente senza compromettere le possibilità delle generazioni future di soddisfare le loro necessità”. Più recentemente le Nazioni Unite hanno identificato nel 2012 e adottato nel 2015, nell'ambito dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, 17 obiettivi che dovrebbero aprire la strada a un mondo migliore (<https://sdgs.un.org/goals>). Questi obiettivi, che ampliano enormemente il concetto di sostenibilità, hanno sicuramente nobili finalità, ma sono in gran parte destinati a rimanere disattesi nella realtà, come si può vedere dagli scarsi risultati ottenuti per molti di essi in questi sette anni dalla loro adozione. Certo ciascuno di noi, appartenente al genere umano, nella vita quotidiana può fare qualcosa ispirato da questi obiettivi e, come chimici, possiamo e dobbiamo operare fattivamente almeno per quelli più vicini alla nostra attività e realizzare al

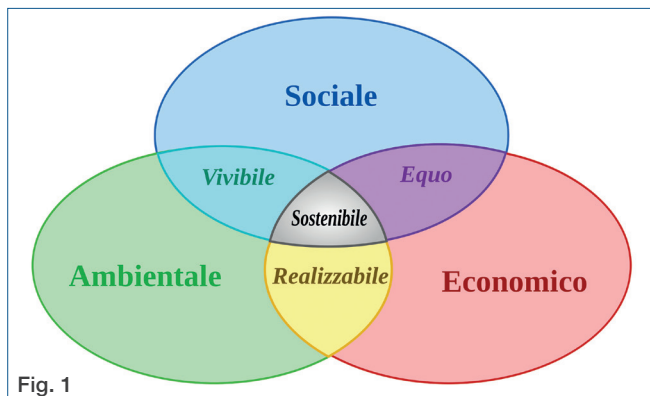


Fig. 1

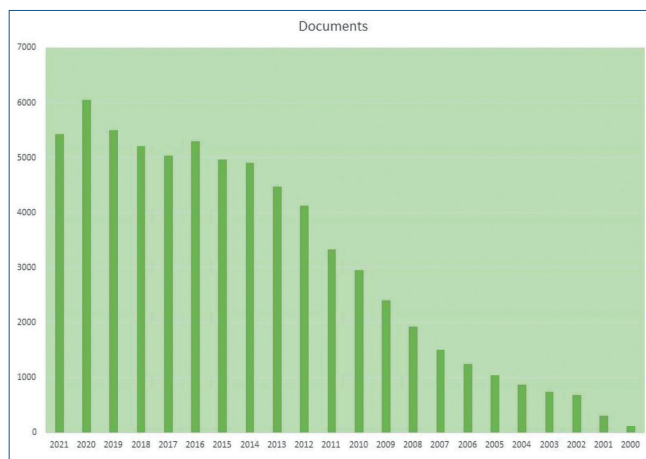


Fig. 2 - Totale documenti trovati: 68.741 (anni 2021-1990)

meglio procedimenti e prodotti che corrispondono ai principi della chimica verde e sostenibile.

Facendo una ricerca su Scifinderⁿ usando come parole chiave “Green Chemistry” o “Sustainable Chemistry” si trovano negli ultimi anni mediamente ben 5000-6000 documenti per anno (Fig. 2), anche se in molti di essi forse sarebbe più corretto parlare di *greenwashing*, cioè di una strategia di comunicazione o di marketing perseguita da aziende, istituzioni, ricercatori che presentano come ecosostenibili e *green* le proprie attività, cercando di occultarne l'impatto ambientale negativo, o comunque senza un'adeguata metrica che dimostri tale sostenibilità.

È quindi opportuno per ciascuno di noi chimici chiedersi se il risultato dei procedimenti/prodotti che mettiamo a punto risponda ad uno o più dei vantaggi della chimica verde e sostenibile, indicati dall'EPA (<https://www.epa.gov/greenchemistry>):

Salute umana:

- Aria più pulita con minor rilascio di sostanze chimiche pericolose nell'aria con conseguente minor danno ai polmoni
- Acqua più pulita con minor rilascio di rifiuti chimici pericolosi nell'acqua che porta ad acqua potabile e ricreativa più pulita
- Maggiore sicurezza per i lavoratori dell'industria chimica; minor uso di materiali tossici; minori di-

- spositivi di protezione individuale richiesti; minore possibilità di incidenti (ad es. incendi o esplosioni)
- Prodotti di consumo più sicuri di tutti i tipi; alcuni prodotti (es. farmaci) saranno realizzati con meno sprechi; altri (ad es. biocidi, prodotti per la pulizia) sostituiranno prodotti meno sicuri
- Cibo più sicuro con eliminazione di sostanze chimiche tossiche persistenti che possono entrare nella catena alimentare; pesticidi che sono tossici solo per parassiti specifici e si degradano rapidamente dopo l'uso
- Minore esposizione a sostanze chimiche tossiche come gli interferenti endocrini

Ambiente:

- Molte sostanze chimiche finiscono nell'ambiente per rilascio intenzionale durante l'uso (ad es. pesticidi), per rilascio involontario (comprese le emissioni durante la produzione) o per smaltimento. Le sostanze chimiche ecocompatibili debbono degradarsi in prodotti innocui o venire recuperate per un ulteriore utilizzo
- Piante e animali subiscono meno danni da sostanze chimiche tossiche nell'ambiente
- Minore potenziale di riscaldamento globale, di riduzione dell'ozono e di formazione di smog
- Ridotta disgregazione chimica degli ecosistemi
- Minor uso di discariche, in particolare quelle di rifiuti pericolosi

Economia e affari:

- Rese maggiori per le reazioni chimiche, consumando quantità minori di materia prima per ottenere la stessa resa in prodotto
- Minor numero di passaggi sintetici, che spesso consentono una produzione più rapida dei prodotti, aumentando la capacità dell'impianto e risparmiando energia e acqua
- Riduzione dei rifiuti, eliminazione di costose operazioni di bonifica, smaltimento di rifiuti pericolosi e ridotti trattamenti di fine lavorazione
- Sostituzione di una materia prima acquistata con un prodotto di scarto
- Migliori prestazioni in modo che sia necessaria una minore quantità di prodotto per ottenere lo stesso risultato
- Ridotto uso di prodotti petroliferi, rallentando il loro esaurimento ed evitando i loro rischi e fluttuazioni di prezzo
- Dimensioni o ingombri ridotti dell'impianto di produzione grazie all'aumento della produttività
- Aumento delle vendite di prodotti più sicuri e sostenibili, guadagnando la fiducia dei consumatori più

responsabili attraverso l'impiego di una etichettatura che sottolinei meglio le caratteristiche del prodotto

- Migliore competitività dei produttori di sostanze chimiche e dei loro clienti

Da anni processi e prodotti di ricercatori ed aziende che ottengano significativi risultati utilizzando tali principi ricevono premi e riconoscimenti, quali, ad esempio, il Premio presidenziale per la chimica verde dell'EPA degli Stati Uniti che promuove e riconosce per grandi e piccole imprese e per ricercatori accademici le seguenti categorie: 1. vie sintetiche alternative; 2. condizioni di reazione alternative; 3. progettazione di prodotti chimici più sicuri. Finora sono state premiate diversi settori tecnologici (numero di tecnologie premiate) che spaziano da processi biotecnologici (39) a ricerche ed applicazioni su polimeri e biopolimeri (34), dall'uso di risorse rinnovabili al posto di risorse fossili o in esaurimento (35) a materie prime e prodotti chimici alternativi e più sicuri (35), da reazioni in solventi più ecocompatibili o operanti in assenza di solvente (24), da nuovi e più efficienti protocolli sintetici (38) all'impiego di catalizzatori innovativi (24), da metodologie analitiche *green* (2) a tecnologie energetiche (2) e di riciclo (2) (<http://www.epa.gov/greenchemistry>).

Altri riconoscimenti importanti sono i premi internazionali *CPhI Pharma Awards* e *Responsible Care Awards*. Questi ultimi, per quanto riguarda l'Italia, vengono assegnati da Federchimica (della 17^a edizione italiana ne parla in questo numero Ferruccio Trifirò). Tutto ciò può essere oggetto di studio e di motivazione per il nostro lavoro.

Vale la pena, inoltre, citare un interessante recente documento dedicato a 100 storie italiane di economia circolare ritenute particolarmente significative in termini di solidità delle soluzioni adottate e originalità delle stesse e che include anche diverse realtà industriali dove la chimica svolge o può svolgere un ruolo importante e significativo (cfr.: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/100storie_def_web_pag_singole_25-05-18_1527247969.pdf).

Da anni *La Chimica e l'Industria* presenta, in fascicoli spesso dedicati, contributi di ricercatori accademici ed industriali relativi ad applicazioni dei principi della chimica verde e sostenibile in vari settori. Anche in questo numero ospita interessanti e variegati esempi di uso intelligente di metodologie e tecnologie utili per migliorare processi e prodotti, di diminuzione o valorizzazione di scarti e come sia possibile o potrebbe essere possibile, attraverso l'innovazione e sempre con un'analisi critica di vantaggi e svantaggi, rendere più fattibili e competitive realizzazioni di possibile interesse industriale.