

Bioenergia, bioraffineria e chimica verde per la transizione energetica

La biomassa è tra le fonti rinnovabili la più versatile e ricopre un ruolo chiave per una transizione energetica sostenibile, in linea con un modello di “economia circolare” basato sulla valorizzazione dei prodotti di scarto e rifiuti ed il loro reintegro nel ciclo produttivo. ENEA svolge un’intensa attività di ricerca, innovazione tecnologica e fornitura di servizi avanzati alle imprese nei settori della conversione di biomasse in bioenergia e biocombustibili, intermedi chimici “verdi”, biomateriali e bioraffineria.

DOI 10.12910/EAI2020-048

di **Giacobbe Braccio, Isabella De Bari, Vito Pignatelli, Giacinto Cornacchia**, Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili - ENEA (*)

Una bioraffineria è una struttura produttiva che integra più processi per la conversione di diverse materie prime di origine bio in numerosi prodotti finali a più elevato valore aggiunto. In questo settore, ENEA svolge un’intensa attività di ricerca, innovazione tecnologica e fornitura di servizi avanzati alle imprese nei settori della conversione di biomasse in bioenergia e biocombustibili, intermedi chimici verdi e biomateriali. La biomassa, definita come qualsiasi materiale organico degradabile (coltivazioni dedicate, scarti agricoli, rifiuti organici ecc.) è tra le fonti rinnovabili la più versatile, ricopre un ruolo chiave per una transizione energetica sostenibile ed è in linea con un modello di “economia circolare” basato sulla valorizzazione dei prodotti di scarto e rifiuti ed il loro reintegro nel ciclo produttivo.

In aggiunta agli impieghi tradizionali che ne privilegiano l’utilizzo per la produzione di energia termica ed elettrica, la biomassa può essere impiegata per la produzione di biocarburanti di diverso tipo per sostituire benzina, gasolio o metano e come fonte di intermedi chi-

mici green in sostituzione di quelli di origine fossile, ad esempio nel settore della produzione delle plastiche.

In Italia, tra il 2005 e il 2018, la produzione di energia da fonti rinnovabili è raddoppiata, passando da 10,7 a 21,6 Mtep e coprendo circa il 17,8% del Consumo finale Lordo Nazionale, valore superiore al target del 17% fissato per il 2020 dalla Direttiva 2009/28/CE, unico tra i principali Paesi UE (tabella 1).

Il settore che ha fornito il maggior contributo sono state le bioenergie (10,6 Mtep), utilizzate soprattutto per produrre energia termica (72,7% del totale), seguite dall’elettricità e dai biocarburanti per i trasporti (rispettivamente 15,5% e 11,8%). La fonte principale è stata la biomassa solida, utilizzata soprattutto nel settore domestico sotto forma di legna da ardere o pellet (tabella 2).

In particolare, nel solo settore dei trasporti, nel 2018 la quota biocarburanti, calcolata secondo i criteri previsti dalla Direttiva 2009/28/CE, è stata pari al 7,7%, con un significativo aumento rispetto al 6,5% registrato nel 2017, ma ancora inferiore al valore del 8,7% previsto per il 2020 dal PAN (Piano di Azione Nazionale) 2010.

Gli aumenti registrati in questo settore sono però dovuti all’aumento dei quantitativi di biocarburanti importati e non alla produzione interna.

Biomasse, biometano e biocarburanti drop-in

Per quel che riguarda le previsioni per il futuro, si prevede che l’utilizzo delle biomasse a scopo energetico rimarrà sostanzialmente costante fino al 2030 e l’incremento maggiore riguarderà l’uso nei trasporti, per la produzione di biocarburanti avanzati, prevalentemente biometano, e con l’obiettivo di accelerare la decarbonizzazione del settore, congiuntamente ad altre strategie (ibrido, fuel-cell, elettrico ecc.).

Un ruolo particolare avranno i **biocarburanti drop-in**, ovvero carburanti derivanti da biomasse con caratteristiche molto simili ai carburanti convenzionali e utilizzabili sia nel settore stradale che in quello navale e avio. In particolare, l’attuale gas naturale, sia nella forma compressa (GNC) che liquefatta (GNL), utilizzato per trasporto navale o stradale per autoveicoli pesanti, è destinato ad essere sostituito in percentuali crescenti dal biometano prodotto

Tab. 1 Obiettivi di copertura da fonti rinnovabili fissati al 2020 e ottenuti al 2018

	Obiettivo al 2020 (Direttiva 2009/28/CE)	Risultati 2018
UE	20%	18%
Italia	17%	17,8%
Francia	23%	16,6%
Germania	18%	16,5%
Spagna	20%	17,4%

dalla digestione anaerobica.

I bio-oli prodotti da biomassa mediante i processi termochimici (pirolisi) o fisici (spremitura), costituiranno, invece, un'interessante base di partenza per la produzione di combustibili liquidi, soprattutto nel settore avio, che rappresenta circa il 5% delle emissioni di CO₂ da attività antropiche, e il cui contributo è destinato a crescere se si considera che si stima un raddoppio del traffico aereo nel prossimo ventennio. A causa della bassa stabilità chimico-fisica, i bio-oli richiedono spesso innovativi processi di stabilizzazione e raffinazione. Infatti, negli ultimi anni, molti sforzi sono stati profusi per lo sviluppo di tecnologie e processi per la raffinazione dei bio-oli al fine di otte-

nere carburanti liquidi compatibili con le infrastrutture e i motori esistenti e con caratteristiche simili o addirittura superiori a quelli convenzionali.

Nonostante gli importanti avanzamenti industriali nel settore, l'aspetto critico rimane la disponibilità e la reperibilità della materia prima, anche in considerazione del fatto che l'ultima direttiva europea sulle energie rinnovabili (RED 2), indica come contributo massimo dei biocarburanti prodotti da colture alimentari il 7%, con una riduzione progressiva fino all'azzeramento per quelli basati sull'impiego di materie prime con un elevato ILUC (Indirect Land Use Change). In aggiunta, in Italia la scarsità di terreni disponibili per colture dedicate e l'avanzare di fe-

nomeni di desertificazione porranno diverse sfide. Tra queste, l'impiego ottimizzato delle risorse disponibili combinato con un'attenzione crescente alle **problematiche del suolo**, la cui fertilità sarà garantita anche attraverso lo **sviluppo di schemi di bioraffinazione che prevedano il reintegro di carbonio e nutrienti (biofertilizzanti).**

Nuovi materiali biobased e bioraffinerie

Residui e rifiuti svolgeranno quindi un ruolo importante come materie prime rinnovabili non solo per l'energia, ma anche per l'industria chimica. Attualmente, infatti, il 90% circa delle materie prime dell'industria chimica dell'UE per usi non energetici proviene da risorse fossili e solo il 10% da fonti rinnovabili di carbonio. Il 6% di tutte le risorse fossili è destinato alla sola produzione di plastica. Le crescenti preoccupazioni sui cambiamenti climatici e sull'accumulo di materie plastiche nell'ambiente favoriranno la produzione di nuovi **materiali biobased che siano biodegradabili e compostabili**, in linea con l'obiettivo generale di arrivare a coprire il 30% delle materie prime per l'industria chimica entro il 2030. **Nell'ambito dell'industria biobased si svilupperanno nuovi modelli di bioraffinerie in grado di trasformare diverse biomasse rinnovabili anziché petrolio in combustibili e intermedi**

Tab. 2 Consumi bioenergia per settore, 2018 (GSE 2019)

Fonte bioenergia	Settore di impiego (ktep)		
	Elettrico	Termico	Trasporti
Biomasse solide e frazione biodegradabile dei rifiuti solidi urbani	564	7.391	-
Biogas	714	256	-
Biometano	4	-	-
Biocarburanti incluso biometano nei trasporti	363	52	1.250
Totale	1.645	7.709	1.250
Totale complessivo		10.604	

di sintesi per l'industria chimica.

L'inevitabile ampliamento delle tipologie di materie prime utilizzabili, con un impiego crescente di sottoprodotti e rifiuti, sarà combinato con lo sviluppo di nuove tecnologie e processi che siano in grado di trasformare le diverse materie prime in prodotti omogenei ed intermedi adatti alla produzione di *chemicals*. Saranno necessarie efficaci tecnologie di **pretrattamento, frazionamento, upgrading, e tecnologie termiche** efficienti per convertire materie prime complesse ed a volte disomogenee in una corrente gassosa con caratteristiche idonee per applicazioni sia energetiche che chimiche. **Nuove opportunità potranno anche emergere da tecnologie attualmente caratterizzate da un basso TRL quali elettrosintesi di prodotti e building blocks da materie prime come CO₂ e gas derivati da biomassa, capitalizzando la disponibilità di produzioni locali di energia elettrica rinnovabile in eccesso rispetto alle capacità di dispacciamento della rete (*power-to-gas e power-to-chemicals*).**

Attività ENEA nel settore

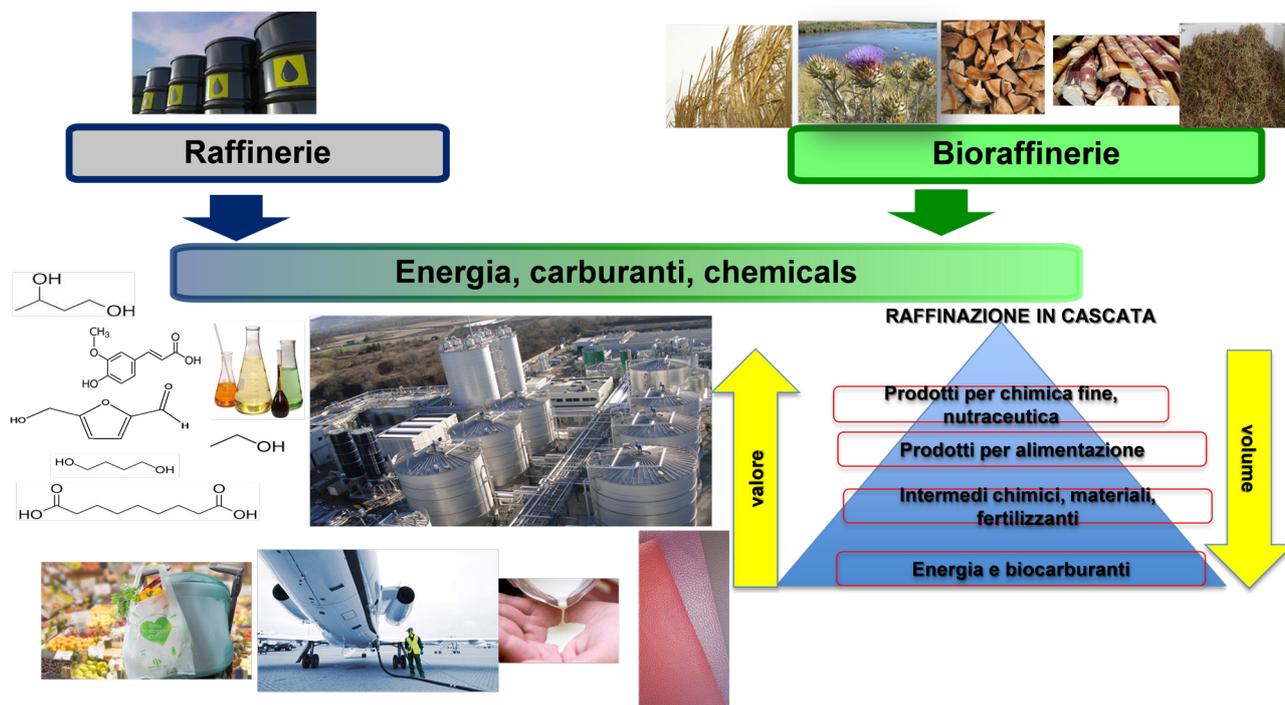
Nel panorama italiano ed europeo, ENEA svolge numerose e rilevanti attività per lo sviluppo, la dimostrazione e la diffusione di innovazione nel settore delle bioenergie, bioraffinerie e chimica verde. Nel campo della produzione di energia elettrica e calore in impianti di piccola-media taglia (filieri agro-energetiche locali) e, in prospettiva, dei biocarburanti di seconda generazione, ENEA supporta l'industria nazionale nel fornire risposte adeguate alla necessità di innovazione tecnologica e di sistema. Tra le attività progettuali basate sull'impiego della tecnologia di digestione anaerobica, le principali iniziative riguardano:

- la produzione di biogas, da destinare alla generazione elettrica o all'immissione in rete come biocombustibile gassoso (biometano ottenuto da codigestione della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani), rifiuti agricoli e/o colture energetiche ricche di zuccheri. Questo richiede lo sviluppo di pretrattamenti in grado di incre-

mentare l'efficienza di conversione di biomasse ad elevato contenuto di cellulosa e lignina;

- lo sviluppo e la dimostrazione di nuove tecnologie per la valorizzazione energetica del biogas, come la produzione di elettricità mediante abbinamento con celle a combustibile, con un significativo miglioramento delle rese finali di conversione energetica e del bilancio dei gas serra;
- lo studio e sviluppo di processi innovativi per la produzione di biometano tramite bioconversione "in situ" della CO₂ contenuta nel biogas con idrogeno da fonti rinnovabili.

Le attività di ricerca finalizzate all'ottenimento di prodotti ad alto valore aggiunto a partire da rifiuti organici quali ad esempio, fanghi di depurazione di acque reflue, e scarti dell'industria agro-alimentare, comprendono lo sviluppo di processi biotecnologici basati sull'utilizzo di insetti come ad esempio l'*Hermetia illucens*, nota come mosca soldato. Tra i prodotti di interesse accumulati durante la crescita delle larve



ci sono lipidi, proteine e chitina.

Le attività di ricerca e sviluppo tecnologico sulla conversione degli zuccheri delle biomasse lignocellulosiche per la produzione di biocarburanti avanzati e prodotti *biobased* sono focalizzate su:

- pretrattamento delle biomasse mediante processi chimico-fisico in vapore saturo oppure solvolisi per separare le componenti principali (cellulosa, emicellulosa, lignina) come primo stadio per l'ottenimento di correnti di zuccheri e lignina da convertire con processi ottimizzati;
- lo sviluppo di processi enzimatico-microbici per la produzione di etanolo 2G da utilizzare nei trasporti, basati su biotecnologie innovative;
- la conversione microbica degli zuccheri da biomasse in oli (SCO) con composizione equivalente agli analoghi da colture oleaginose;
- la conversione della lignina attraverso processi chimici e biotecnologici in intermedi fenolici e idrocarburi;
- l'estrazione e conversione di polisaccaridi come l'inulina per diverse applicazioni industriali.

In aggiunta alle biomasse terrestri, le attività di ricerca nel settore della bioraffineria e della chimica verde sono rivolte anche alla produzione di *chemicals* e bioprodotto ad elevato valore aggiunto da microalghe, nella prospettiva della realizzazione di colture massive

su larga scala. A queste si aggiungono attività di ricerca finalizzate all'ottimizzazione di specie vegetali da impiegare per l'ottenimento di prodotti ad alto valore aggiunto come la gomma naturale.

Le ricerche sulle tecnologie di valorizzazione di sottoprodotti da trasformazioni industriali sono state di recente focalizzate su processi biotecnologici di conversione del glicerolo grezzo da impianti di biodiesel in etanolo 2G e idrogeno ed altri *chemicals*.

Le attività di trasformazione di biomasse di diversa origine in gas di sintesi riguardano in particolare:

- la gassificazione di biomasse e rifiuti ad elevato contenuto di carbonio con sperimentazione di impianti pilota a letto fisso, bollente o ricircolante fino a 1 MW di potenza termica;
- i processi catalitici per la produzione di bio-SNG;
- gli studi e analisi di fattibilità tecnico-economica di processi per la sintesi di idrocarburi liquidi taglio gasolio mediante conversione catalitica del syngas;
- la produzione di chemicals tramite processi biotecnologici di conversione del syngas.

Per quanto riguarda la raffinazione di bio-oli, ENEA ha avviato di recente, in collaborazione con ENI Versalis, le procedure per realizzare presso il Centro ENEA della Trisaia un impianto

pilota di idrotrattamento catalitico per la produzione di 15 kg/h di bio-lubrificante ad alta viscosità (fino a 1.000 cSt).

L'impianto verrà impiegato in futuro per la raffinazione di bio-oli derivanti da pirolisi di biomassa lignocellulosica (una miscela complessa difficilmente trattabile nelle attuali raffinerie), utilizzando idrogeno rinnovabile, permettendone così la sperimentazione e l'ottimizzazione su scala pilota, con particolare interesse per le tecnologie dei processi catalitici. Di fatto, quindi, nel panorama della ricerca italiana, ENEA ha un ruolo unico grazie alla capacità di colmare il gap tra la ricerca di base e lo sviluppo industriale. Grazie alla numerosità e diversità delle proprie qualificate competenze su aspetti riguardanti l'intera filiera di trasformazione, l'Agenzia è anche pronta ad esprimere un importante ruolo recettivo rispetto alle nuove sfide tecnologiche via via che la tecnologia evolverà per il futuro.

(*) *Giacobbe Braccio, Responsabile Divisione Bioenergia, Bioraffineria e Chimica Verde; Isabella De Bari, Responsabile Laboratorio Tecnologie e Processi per le Bioraffinerie e la Chimica Verde; Vito Pignatelli, Responsabile Laboratorio Biomasse e Biotecnologie per l'Energia e l'Industria; Giacinto Cornacchia, Responsabile Laboratorio Processi Termochimici per la Valorizzazione di Biomasse, Residui e Rifiuti*

BIBLIOGRAFIA

1. Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources (RED II): <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj>
2. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/energia/energia-e-clima-2030>
3. Bio-Based Chemicals: A 2020 Update (task IEA 42): <http://task42.ieabioenergy.com/document-category/reports-papers/>
4. Bioeconomy and biorefining strategies in the EU Member States and beyond: <http://task42.ieabioenergy.com/document-category/reports-papers/>
5. Current Status of Advanced Biofuels Demonstrations in Europe by ETIP Bioenergy Working Group 2 – Conversion Processes and ETIP-B-SABS2 project team: <https://www.etipbioenergy.eu/databases/reports>
6. Advanced Biofuels - Potential for Cost Reduction: <https://www.etipbioenergy.eu/databases/reports>
7. Cluster Tecnologico Nazionale della Chimica Verde (SPRING): <http://www.clusterspring.it/home/>
8. Rolling out bioplastics in Europe: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/671_en