

FRANCESCO STRASSOLDO

ENI - DIVISIONE REFINING & MARKETING

Prospettive per i biofuels: potenzialità ed aspetti critici

I biofuels presentano il pregio di ridurre le emissioni di anidride carbonica (CO₂) in atmosfera rispetto ai combustibili fossili, perché, se si esclude la CO₂ prodotta nelle diverse attività legate al processo produttivo, le emissioni rilasciate nella combustione corrispondono ai quantitativi fissati per fotosintesi dalle biomasse di origine (figura 1). I biofuels sono considerati favorevolmente dalle politiche energetiche di diversi Paesi industrializzati, in quanto consentono l'impiego di fonti rinnovabili, una potenziale diversificazione delle fonti, maggiore autonomia negli approvvigionamenti e ridotta nocività all'ambiente.

L'idea di impiegare i biocombustibili nacque nel primo '900, con Henry Ford, che promuoveva l'uso del bioetanolo, e Rudolf Diesel che alimentava il suo motore con oli vegetali. Dopo l'impiego nel periodo bellico, negli anni successivi, a causa della maggiore economicità del petrolio, l'impiego dei biocombustibili fu abbandonato.

Negli anni '70, a seguito dello shock petrolifero, diverse compagnie petrolifere misero in commercio, negli Stati Uniti, benzina contenente il 10% di etanolo, avvantaggiandosi del sussidio fiscale allora concesso. Nello stesso periodo l'uso dell'etanolo fu incoraggiato anche in Brasile, dove, tra il 1975 e il 1985, la produzione di canna da zucchero venne quadruplicata.

La crisi petrolifera riportò inoltre all'attenzione l'opportunità di utilizzare gli oli vegetali come combustibili diesel, ma le sperimentazioni evidenziarono le criticità di impiego (eccessiva viscosità, incrostazioni in camera di combustione, bloccaggio degli iniettori, diluizione del lubrificante). Le ricerche, quindi, si indirizzarono verso la preparazione, a partire dagli oli vegetali, di esteri metilici o etilici, che presentavano caratteristiche più affini al gasolio.

In autotrazione vengono attualmente impiegati il bioetanolo ed il biodiesel. Il primo è ottenuto per fermentazio-

ne degli zuccheri contenuti nelle biomasse e presenta caratteristiche per molti aspetti affini a quelle della benzina. Il secondo, così definito perché compatibile per l'impiego nei motori diesel, è costituito da esteri metilici degli acidi grassi di origine vegetale. Sono considerati biocarburanti anche quelli ottenuti per combinazione chimica di molecole di origine biologica con molecole di origine fossile. L'esempio principale è costituito dall'ETBE, etere etilbutilico, ottenuto per reazione di bioetanolo e isobutene.

BIOFUELS DI PRIMA GENERAZIONE

Attualmente, il bioetanolo si ottiene a partire da biomasse contenenti grandi quantità di zuccheri, come la canna e la barbabietola, che possono essere direttamente fermentate, mentre dei cereali viene impiegata la porzione contenente gli amidi.

L'etanolo possiede caratteristiche interessanti, insieme a criticità d'impiego. Si presenta come un eccellente carburante: ha un numero di ottano superiore a quello della benzina (Research = 108,6; Motor = 89,7) e può essere miscelato direttamente senza apportare importanti modifiche al motore (in percentuali limitate al 5-10%, E5 ed E10), mentre per un impiego più consistente (E85) sono necessari motori dedicati.

Le principali criticità nell'impiego dell'etanolo sono legate specificamente alla miscelazione nella benzina. Anche in modeste percentuali, l'etanolo incrementa significativamente la tensione di vapore e quindi le emissioni evaporative della benzina. Allo stesso modo, l'affinità dell'etanolo con l'acqua può causare problemi nella qualità del prodotto destinato all'utente. Tali criticità possono essere evitate con la trasformazione dell'etanolo in ETBE, che non presenta problemi di volatilità e di miscibilità con la benzina. Il biodiesel, chiamato anche FAME (Fatty Acid Methyl Ester), è un estere metilico degli acidi grassi, prodotto mediante transesterificazione con metanolo (FAEE con etanolo), in presenza di un catalizzatore. Il prodotto contiene ossigeno in quantità elevata e può essere utilizzato come carburante per autotrazione in miscela con gasolio. Nei Paesi europei viene

Figura 1. I biofuels e il ciclo del carbonio

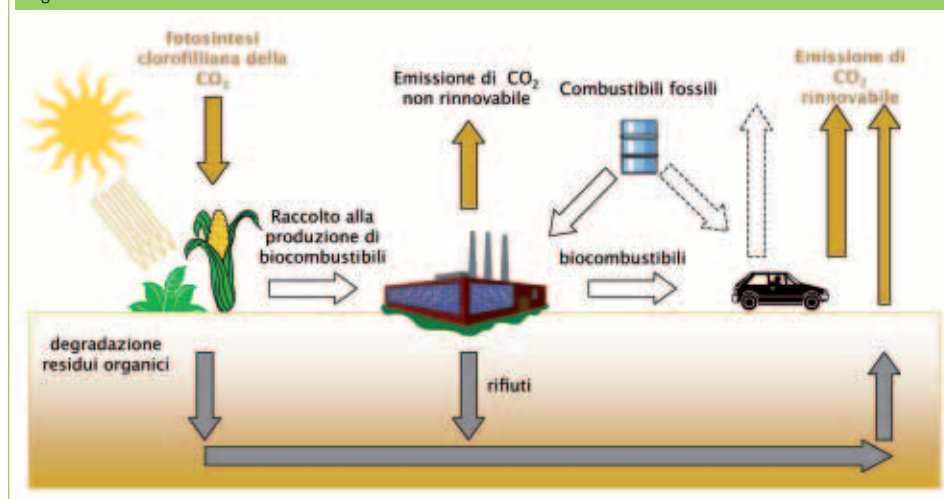
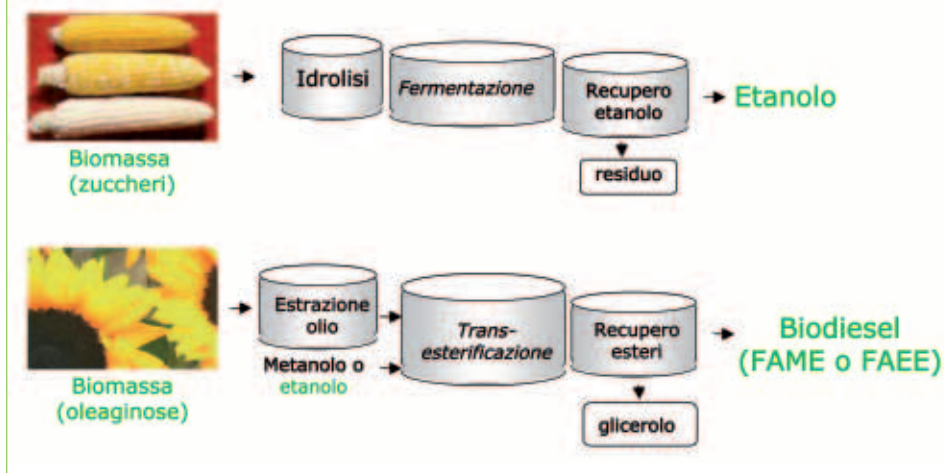


Figura 2. Biofuels di prima generazione



comunemente miscelato in una percentuale fino al 5% (B5) in gasolio di qualità standard e tale miscela non presenta particolari problemi di compatibilità. Un gasolio con un più elevato contenuto di biodiesel (superiore al 30%) può causare tuttavia inconvenienti su veicoli con guarnizioni in materiale polimerico non compatibile. Per questo motivo, mentre alcuni costruttori hanno già adeguato le caratteristiche dei veicoli, altri limitano il mantenimento delle garanzie alle miscele B5.

All'aumentare della percentuale contenuta rispetto a quanto previsto dalle specifiche europee, possono inoltre essere rilevate prestazioni differenziate in funzione dell'olio vegeta-

le impiegato per la produzione del FAME (alcuni risultano più attrattivi dal punto di vista economico ma presentano caratteristiche critiche alle basse temperature).

Inoltre, le caratteristiche di igroscopicità, detergenza e scarsa stabilità allo stoccaggio possono richiedere, per miscele contenenti percentuali elevate, particolari attenzioni nei veicoli e nel sistema distributivo del prodotto.

BIOFUELS DI SECONDA GENERAZIONE

Le attuali prospettive per le tecnologie di conversione di biomasse a biofuels di "seconda generazione" sono molto promettenti in termini di effi-

cienza energetica ed ambientale del processo.

Restano tuttavia ancora aperte le problematiche relative all'economicità dei processi e degli impianti, alla disponibilità e trasportabilità della biomassa da processare.

La biomassa utilizzata in tali processi è solitamente costituita da scarti agricoli e materiale ligneo cellulosico. Non si utilizzano quindi prodotti destinati all'industria alimentare, come avviene invece con il più tradizionale metilestere (FAME), prodotto da oli vegetali, o con il bioetanolo ricavato da colture alimentari.

Il processo BtL (acronimo di Biomass to Liquid), risulta essere uno dei più interessanti: prevede la produzione di gas di sintesi dalla biomassa mediante gassificazione (ossidazione parziale), l'ottenimento di paraffine mediante catalisi Fischer-Tropsch (FT) e la successiva conversione catalitica delle cere a fuels, ottenendo come prodotto principale un gasolio esente da zolfo, aromatici e con un elevato numero di cetano. Gli impianti sperimentali BtL sono generalmente caratterizzati da elevate efficienze di conversione, ma impiegano una tecnologia non ancora matura.

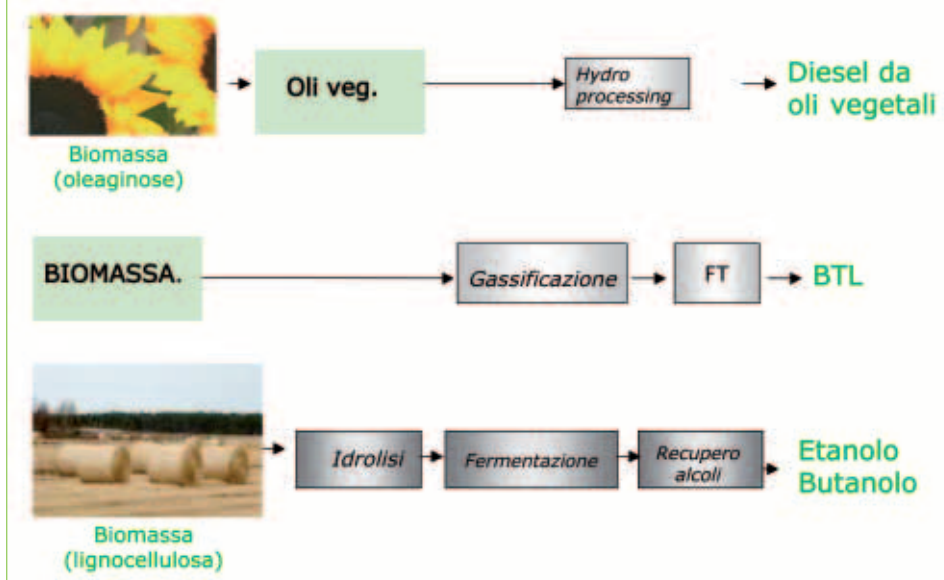
Si stanno inoltre sviluppando processi per la produzione di bioetanolo, o altri alcoli a partire da biomassa ligneo cellulosica. Il processo attualmente più avanzato è basato sulla fermentazione degli zuccheri originati dalla idrolisi enzimatica di materiali di scarto ligneo cellulosici.

Particolarmente interessanti sono infine i nuovi processi di idrotrattamento degli oli vegetali, in grado di produrre un composto idrocarburico a tutti gli effetti indistinguibile da un composto di provenienza minerale. Il prodotto così ottenuto ha caratteristiche simili al gasolio prodotto a partire da processi BtL, perfettamente compatibile con gli attuali motori diesel e con caratteristiche migliori rispetto al FAME. Inoltre rispetto al gasolio di origine fossile non contiene zolfo ed aromatici, pur mantenendo inalterato il contenuto energetico.

NORMATIVA PER I BIOFUELS

L'Unione Europea ha redatto, nel 2003, una direttiva sui biocarburanti, finalizzata a promuovere la sostitu-

Figura 3. Biofuels di seconda generazione



zione dei carburanti convenzionali (benzina e gasolio di origine petrolifera) con biocarburanti (bioetanolo e biodiesel) provenienti da colture agricole.

La direttiva 2003/30/CE del maggio 2003 per la promozione dell'uso dei biocarburanti, o di altri carburanti rinnovabili nei trasporti, insieme alla direttiva 2003/96/CE dell'ottobre 2003, che ristrutturava il quadro comunitario per la tassazione dei prodotti energetici e l'elettricità, hanno fissato degli obiettivi indicativi per l'impiego dei biocarburanti e predisposto un inquadramento giuridico per i provvedimenti nazionali destinati a favorire l'impiego.

La direttiva 2003/30/CE ha definito un programma di sei anni, dal 2005 al 2010, per lo sviluppo dei biocarburanti. Sono stati individuati due obiettivi di riferimento per gli stati membri UE: un impiego globale del 2% di biofuels in termini energetici a partire dal dicembre 2005 e del 5,75% dal dicembre 2010. Il primo obiettivo non è stato tuttavia conseguito (la situazione attuale è intorno all'1%) e l'Unione Europea si accinge a predisporre nuove direttive sull'argomento, che rendano obbligatorio l'impiego dei biofuels dei Paesi EU, con nuove specifiche per i fuels autotrazione che consentano di incrementare la presenza dei componenti bio (dal 5% al 10% circa) nei fuels convenzionali. La nuova direttiva sui biofuels dovrebbe richiedere il conseguimento obbligatorio di una percentuale pari al 10% in contenuto energetico, entro il 2020.

IMPATTO ENERGETICO-AMBIENTALE DEI BIOFUEL

Il bilancio energetico ed ambientale (emissioni di gas serra) dei biocarburanti è fortemente influenzato dalle tecniche agricole, dalle rese di coltivazione della materia prima, dai trattamenti cui la materia prima è sottoposta e dai processi tecnologici di trasformazione.

Nel ciclo produttivo dei biocarburanti, dal campo al prodotto finito, si ha in generale un consumo energetico superiore rispetto ai carburanti convenzionali. L'energia consumata comprende tuttavia una quota, spesso importante, di energia rinnovabile. Le

emissioni di GHG nel ciclo di vita dei biocarburanti riflettono la quota di impiego di combustibili fossili nella fase produttiva. La fase di combustione non genera emissioni addizionali di biossido di carbonio, dal momento che si limita ad immettere nuovamente nell'atmosfera la CO₂ assorbita in precedenza dalle piante, materia prima per la produzione dei biocarburanti.

ANALISI DEL CICLO DI VITA (LCA)

L'analisi del ciclo di vita, correntemente indicata come Life Cycle Analysis (LCA), è una metodologia che si pone lo scopo di valutare su scala globale l'impatto ambientale di attività antropiche confrontando prodotti e processi produttivi. Viene fornito un ecobilancio ottenuto seguendo procedure rigorose e standardizzate a livello internazionale. Tali procedure prevedono l'analisi dettagliata di tutte le fasi di produzione a partire dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento finale dei rifiuti, comprese le operazioni al contorno. Per definire l'attività di "Life Cycle Analysis" sono stati effettuati numerosi studi, a partire dalla sua prima

adozione, nel 1990, per sviluppare e standardizzare la metodologia, con pubblicazione di procedure, creazione di banche dati e relativi strumenti di calcolo che vengono correntemente utilizzati. Lo studio LCA fornisce un bilancio che si avvale di una serie di sottobilanci, per i quali sono necessari numerosi dati, spesso di difficile individuazione. In riferimento alle assunzioni di base ed ai fini di ogni studio, devono essere definiti accuratamente i confini del sistema. Gli obiettivi di uno studio LCA possono essere la ricerca delle fasi critiche dal punto di vista ambientale del ciclo di vita di un prodotto, oppure la valutazione delle conseguenze di una innovazione introdotta in un processo produttivo. Gli obiettivi tipici degli studi di LCA relativi ai biocarburanti consistono nel confronto degli impatti ambientali che derivano dalla produzione e l'utilizzo per autotrazione di questo tipo di carburante con quelli similari di origine fossile. Uno studio di LCA considera il processo globale dall'estrazione delle materie prime alla produzione di energia, ai trasporti necessari per le differenti attività di trasformazione e produzione (fig.4). Il sistema è quindi modellato in modo da poter calcola-

Figura 4. Schema di processo LCA

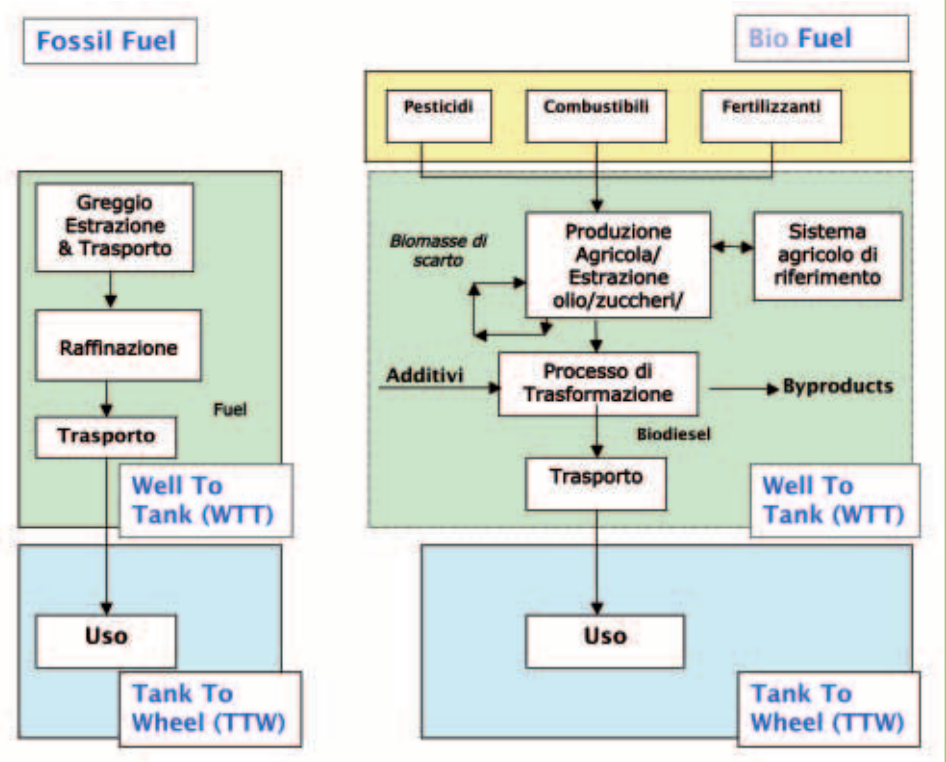
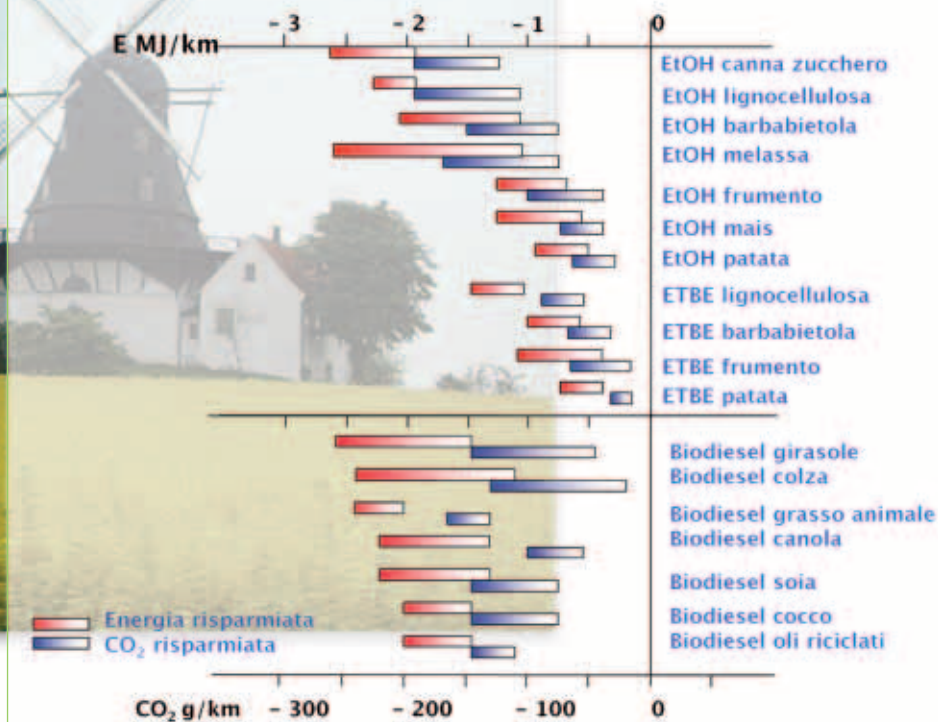


Figura 5. Analisi LCA di bioetanolo, ETBE e biodiesel (da analisi IFEU 2005)



re le emissioni in aria, i rifiuti solidi generali, il calore disperso e la produzione di acque reflue (fattori di carico ambientale) e valutare di conseguenza i relativi impatti sull'ambiente. Ogni sistema produttivo è suddiviso in una serie di operazioni collegate tra loro in modo che i prodotti di ciascuna costituiscano gli input dell'operazione successiva. In condizione di funzionamento a regime, ogni singola operazione è indipendente dalle altre unità che costituiscono il processo complessivo. La valutazione degli impatti e degli scambi di materia ed energia relativi ad ogni sottosistema ed al sistema globale è definita ecobilancio. Alla luce di quanto esposto, risulta evidente la necessità di definire con precisione i confini del sistema da analizzare, considerando l'ubicazione geografica, la disponibilità locale delle risorse e il livello tecnologico delle forniture di energia e servizi. Per rendere comparabili tra di loro i risultati di uno studio LCA è necessario che questi si riferiscano ad una precisa grandezza fisica che rappresenti l'effetto utile generato dal sistema in esame. Allo scopo di confrontare tra loro i sistemi di produzione di combustibili di vario tipo, la scelta dell'unità funzionale ricadrà sul potere

calorifico del prodotto e sui consumi energetici legati alla sua produzione. In aggiunta ai consumi di energia primaria ed emissioni gas serra, esistono altri indicatori di impatto ambientale, quali gli effetti di acidificazione dell'atmosfera, eutrofizzazione delle acque, smog fotochimico, consumo dello strato di ozono e tossicità. Pochi degli studi esistenti sono però confrontabili per quanto riguarda queste categorie d'impatto, pertanto, per valutare la valenza ambientale di un biofuel, verranno confrontate le emissioni di gas serra con quelle di un combustibile convenzionale di riferimento.

IMPATTO ENERGETICO ED AMBIENTALE DEI BIOFUELS

Si possono contare, nell'attuale decennio, più di 800 studi riguardanti l'analisi del ciclo di vita dei diversi biofuels. In questa presentazione, necessariamente sintetica, prenderemo a riferimento i lavori più recenti e particolarmente qualificati dei seguenti Organismi:

- IFEU (Institute for Energy and Environmental Research di Heidelberg)
- IEA (International Energy Agency)

- EUCAR/JRC/CONCAWE (European Council for Automotive R&D / Joint Research Center – European Commission / Conservation of Clean Air and Water in Europe)
- Secondo questi studi, coerenti fra loro, i biofuel determinano una significativa riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra (GHG) nell'intero ciclo di vita (well-to-wheels) del prodotto, rispetto alla benzina ed al gasolio, ed un altrettanto significativo risparmio energetico. Si può osservare che, in funzione delle materie prime e dei processi produttivi, si presentano però risultati significativamente differenti.

Fra i processi di produzione dell'etanolo risultano particolarmente interessanti quelli che utilizzano come materia prima la canna da zucchero ed il materiale lignocellulosico.

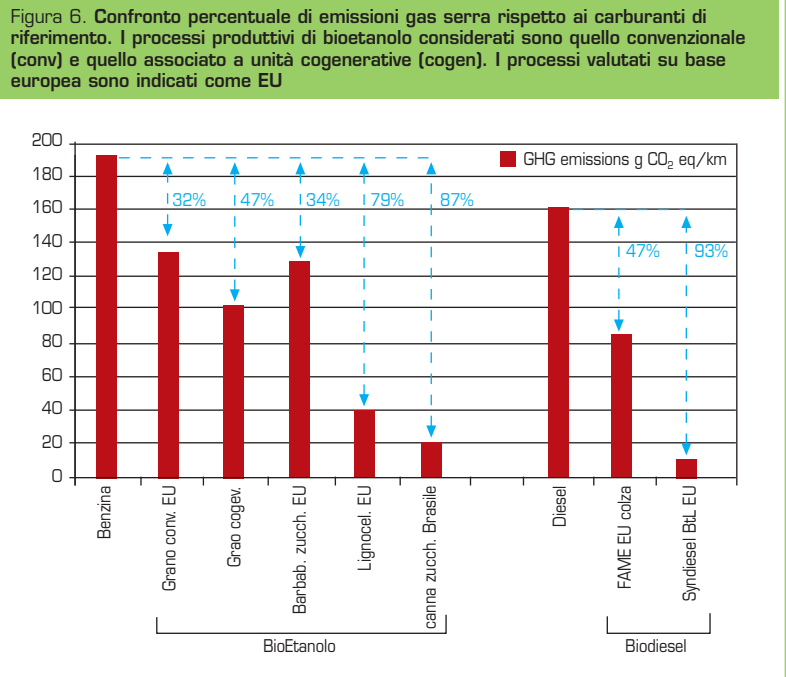
Per il biodiesel, prodotto con processi qualitativamente analoghi, emergono come materie prime gli oli di girasole e di colza (figura 5).

Analizziamo ora, partendo dallo studio JRC, i processi di riferimento e confrontiamo le emissioni di gas serra con quelle dei fuels convenzionali. Nella produzione di etanolo, i processi che utilizzano la canna da

zucchero e la lignocellulosa risultano ancora una volta essere i più efficienti dal punto di vista ambientale, riducendo le emissioni serra rispettivamente dell'87 e del 79%. Nel campo dei biocombustibili diesel emerge il risultato del gasolio di sintesi BtL, con un consistente 93%.

Saranno disponibili, a breve, dati sulle potenzialità dei prodotti derivanti da idrotrattamento degli oli vegetali. Quindi i biofuels, in relazione ai processi produttivi, presentano una diversa valenza energetica ed ambientale.

Gli attuali obiettivi della ricerca mirano all'evoluzione di processi più efficienti, dal punto di vista energetico



Fonte: adattato dallo studio EU WTW JRC/EUCAR/CONCAWE settembre 2005

ed economico. Spesso, l'integrazione dei cicli di produzione e recupero energetico a livello del singolo impianto possono portare a risparmi notevoli nel quadro complessivo del processo.

Le prossime normative europee, rendendo probabilmente obbligatorio l'impiego in miscela dei biofuels, dovranno discriminare fra le diverse categorie dei componenti

autotrazione di origine biologica, al fine di promuovere le attività di ricerca verso le soluzioni più coerenti con gli obiettivi comunitari. La nuova dimensione produttiva, insieme alle caratteristiche migliorate dei biofuels, potranno probabilmente favorire l'appetibilità di tali prodotti non solo per le valenze energetiche ed ambientali, ma anche economiche. ■



BIBLIOGRAFIA

C. Perego, F. Strassoldo - *L'acceleratore sul "bio"* - TPoint (dicembre 2005)

L. Pellegrini, F. Strassoldo - *I biofuels raddoppiano la posta?* - Tpoint (giugno 2006)

F. Strassoldo, F. de Ferra - *Approccio al bilancio ambientale dei biocarburanti* - Congresso AIDIC (dicembre 2006)

Gartner S., M. Quirin, M. Pehnt, G. Reinhardt (2004) - *CO2 mitigation through biofuels in the transport sector - Status and Perspectives*. IFEU (Institute for Energy and Environmental Research di Heidelberg) www.ecotraffic.se/synbios/konferans/presentationer/19_maj/automotive/synbios_reinhardt_guido.pdf

Studio EU WTW JRC/EUCAR/CONCAWE settembre 2005: <http://ies.jrc.ec.europa.eu/wtw.html>.

IEA (2004) *Biofuels for transport*.