

Biocarburanti di seconda generazione

Pietro Bartocci, Gianluca Cavalaglio - Centro di Ricerca sulle Biomasse
Michele Goretti - Università degli Studi di Perugia

Il girasole, come la soia e la colza, può essere destinato alla produzione di olio da trasformare in biodiesel.





Un'altra coltura utilizzabile per la produzione di biocarburanti è la soia. Tra Brasile, Argentina, Paraguay e Bolivia, la sua coltivazione copre quasi 50 milioni di ettari, cioè l'estensione della Francia (erano poco più di 10 milioni nel 1980).

A fianco dei carburanti di prima generazione (biodiesel e bioetanolo) si sente attualmente parlare di quelli di seconda (diesel derivato dal processo Fischer Tropsch, bioidrogeno, bioetanolo da biomasse lignocellulosiche, biometanolo, gas naturale di sintesi). Non sono però chiare allo stato attuale quali siano le barriere allo sviluppo di tali tecnologie, i vantaggi economici, ambientali e sociali. A tale scopo attività di ricerca sono in corso al fine di garantire uno sviluppo di tali nuove filiere in modo sostenibile e di aumentare le quote di impiego di biocarburanti nella autotrazione.

Con il termine biocarburante si indica un combustibile gassoso o liquido da impiegare nel settore del trasporto e derivato dalla biomassa. I vantaggi dei biocarburanti rispetto alle fonti fossili sono notevoli e includono: sostenibilità, riduzione delle emissioni di gas serra, opportunità di sviluppo economico a livello regionale, di incremento occupazionale, e di rilancio della produzione agricola nonché sicurezza di approvvigionamento. Il consumo mondiale di energia è aumentato di 17 volte nell'ultimo secolo e le emissioni di CO₂, SO₂ e NO_x derivanti dalla combustione di risorse fossili sono la causa principale dell'inquinamento atmosferico.

Il settore dell'autotrasporto è il maggiore consumatore di carburanti derivati dal petrolio, come diesel, benzina GPL, e metano. Questo settore attualmente è interessato da importanti cambiamenti:

- il prezzo del petrolio nel mercato globale sta aumentando notevolmente;
- le riserve di petrolio sono limitate e monopolizzate da

pochi paesi produttori;

- il numero di veicoli alimentati con combustibili fossili sta aumentando progressivamente.

In questo contesto molti programmi di ricerca hanno puntato allo sviluppo di carburanti e fonti di energia in generale che possano essere rinnovabili e così garantiscano uno sviluppo sostenibile.

Per questo scopo sono stati prodotti i biocarburanti di prima generazione: biodiesel e bioetanolo. Il biodiesel è ottenuto attraverso la transesterificazione degli oli di semi di piante oleaginose (es. girasole, colza). La transesterificazione è un processo chimico attraverso il quale la struttura base dell'olio, composto da gliceridi viene prima idrolizzata da un catalizzatore di solito basico (idrossido di sodio) in glicerina (alcool trivalente) ed acidi grassi; quindi gli acidi grassi si legano ad un altro alcool, il metanolo (originando così il biodiesel o metilestere). Il bioetanolo (o alcool etilico di origine vegetale) è il risultato della fermentazione di substrati zuccherini, seguita da distillazione per estrarre l'alcool formatosi.

Altre colture dedicate alla produzione di olio da trasformare in biodiesel, oltre alle già citate girasole e colza sono la *Jatropha curcas* L., la palma da olio, la soia.

Le colture dedicate alla produzione di bioetanolo con le tecnologie attualmente disponibili possono essere divise in zuccherine (barbabietola e canna da zucchero, sorgo zuccherino) ed amidacee (patata, topinambur, mais). La maggior parte di queste è convenzionalmente coltivata per scopi alimentari.

Le tecnologie attualmente impiegate per la produzione



Semi di differenti varietà di soia

di biodiesel si possono classificare in:

- processo discontinuo utilizzando un reattore CSTR (Continuously Stirred Tank Reactor). I parametri di processo sono: rapporto alcool estere da 4:1 fino a 20:1, temperatura di processo pari a 65°C; quantità di catalizzatore impiegata paria 0,3%-1,5% in peso; rese in metilestere da 85-94%);
- processo continuo con reattore con flusso a pistone o plug flow (tempo di reazione pari a 6-10 minuti, rese intorno al 98%);
- processo biox, che prevede l'impiego di un solvente (tempo di reazione pari a 5-10 minuti, rapporto alcool estere pari a 42:1).

Le tecnologie attualmente impiegate per la produzione di bioetanolo convenzionale si possono classificare in base al materiale impiegato:

- filiera di produzione da canna da zucchero (macinazione, estrazione del succo, trattamento, fermentazione e distillazione);
- filiera di produzione da barbabietola (la bietola tagliata viene posta in un diffusore dove lo zucchero viene estratto da un mezzo di estrazione, quale acqua o succo precedentemente estratto alla temperatura di 70-80°C, quindi si verifica la fermentazione seguita da distillazione);
- produzione di etanolo da sostanze amidacee (si può eseguire sia un processo di macinazione umida che macinazione a secco seguito da idrolisi, fermentazione e distillazione).

Nel 2005 l'Europa ha prodotto 3,4 Mtep di biocarburanti,

così ripartiti: 2,86 Mtep di biodiesel e 0,47 Mtep di bioetanolo. La direttiva europea 2003/30/Ce fissa degli obiettivi per il settore dei trasporti che prevedono la miscelazione di biocarburanti a carburanti fossili in percentuale del 2% in contenuto energetico dal 2005 e 5,75% dal 2010. Per soddisfare tale obiettivo si è calcolato saranno disponibili circa 14 milioni di ettari da coltivare con biomasse dedicate. Da stime si valuta che la superficie a set-aside disponibile per questo scopo sia pari a 5,74 milioni di ettari. Le restanti aree pari a 8,2 milioni di ettari si prevede siano ottenibili unendo 3,5 milioni di ettari attualmente dedicati a produzioni no-food e 4,7 milioni di ha impiegati per produrre beni alimentari esportati dall'Ue. Da questi 14 milioni di ettari, organizzando i piani colturali con opportune rotazioni atte a massimizzare le rese di materia prima da impiegare nella produzione di biocarburanti, si valuta che si potrebbero produrre circa 16 Mtep di biocarburanti (7 Mtep di biodiesel e 9 Mtep di bioetanolo). Questa quantità può essere aumentata nel caso in cui a partire dal 2010 si sviluppasse una industria capace di utilizzare anche materie lignocellulosiche. In questo caso si potrebbero impiegare 41,3 Mton di paglia di cereali e colture oleaginose e 164 Mton di legname per produrre ulteriori 33 Mtep di biocarburanti all'anno.

Aree coltivabili potenziali	5,74 Mha set-aside 8,2 Mha surplus (produzioni no food più esportazioni) 14 Mha tot.
Quantità di biomassa ricavabile	50 Mt set-aside 132 Mt surplus 214 Mt lignocellulosiche 396 Mt tot.
Massima quantità di biofuel	49 Mtep/anno
Quantità ottenibile tenendo conto delle limitazioni logistiche	32 Mtep/anno

Tabella 1: Riepilogo delle risorse immobilizzabili

Con questi semplici calcoli è quindi possibile stimare il volume di biocarburanti di prima e di seconda generazione ottenibili a partire dalle diverse risorse di biomasse. Con la produzione di 16 Mtep di biocarburanti si raggiungerebbe l'obiettivo del 5,75% al 2010. Aggiungendo anche la quota di biocarburanti di seconda generazione si arriverebbe ad una percentuale di miscelazione del 15% nel 2015. La maggiore barriera alla produzione di biocarburanti di prima generazione dall'analisi appena presentata risulta essere l'impiego di tutte le produzioni no-food e delle esportazioni europee di prodotti trasformabili in biocarburanti (es. colza per la produzione di biodiesel e frumento per la produzione di bioetanolo). La maggiore barriera alla produzione di biocarburanti di seconda generazione sempre secondo l'analisi appena proposta appare essere la competizione esercitata dal settore del legname e della carta allo sfruttamento di biomasse lignocellulosiche, nonché la competizione di altri impieghi energetici (produzione di calore ed elettricità) e le problematiche logistiche. Si vede come da quanto detto sopra appare necessario lo sviluppo di tecnologie che permettano di produrre oltre ai biocarburanti di prima generazione anche carburanti di seconda per raggiungere gli obiettivi fissati dall'Ue. Questi possono essere classificati come:

- bioidrogeno prodotto da steam reforming;
- biodiesel FT (Fischer-Tropsch);
- bioetanolo da biomasse lignocellulosiche;
- biometanolo;
- gas naturale di sintesi.

Il bioidrogeno si ottiene convertendo la biomassa in bioolio con pirolisi veloce e quindi il bioolio è impiegato per produrre idrogeno attraverso steam reforming. La pirolisi è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuto mediante l'applicazione di calore e in completa assenza di un agente ossidante (normalmente ossigeno); il materiale subisce la scissione dei legami chimici originari con formazione di molecole più semplici. Lo steam reforming è il processo con cui si produce idrogeno estraendolo dal gas naturale (o da frazioni leggere di petrolio), il metano reagisce con il vapore acqueo in un convertitore catalitico (generalmente nichel) alla temperatura di 800 ° C. Questo processo libera atomi di idrogeno e ha come sottoprodotto anidride carbonica. Le rese di bioidrogeno che può essere prodotto da biomassa attualmente sono abbastanza basse, pari a 16-18% sul peso secco.

La sintesi Fischer-Tropsch produce idrocarburi alifatici a catena singola (C_xH_y) a partire da un gas di sintesi derivato da gassificazione e principalmente contenente CO ed H₂. Oltre agli idrocarburi alifatici sono presenti nel diesel FTS anche idrocarburi ramificati, idrocarburi insaturi ed alcool primari, in minore quantità. La gassificazione è un processo chimico che permette di convertire materiale ricco in carbonio, quale il carbone, il petrolio, o le biomasse, in monossido di carbonio, idrogeno e altri composti gassosi. Il processo di degradazione termica avviene a temperature elevate (superiori a 700-800°C), in presenza di una percentuale sotto-stechiometrica di un agente ossidante:

tipicamente aria (ossigeno) o vapore.

Per quanto riguarda il bioetanolo di seconda generazione, questo è prodotto da biomasse lignocellulosiche, separando i componenti fermentabili della parete cellulare (emicellulose e cellulose) dalla lignina e idrolizzandoli per ottenere zuccheri semplici. Le seguenti fasi di fermentazione, distillazione e raffinazione ricalcano quelle del processo convenzionale di produzione di bioetanolo. Il biometanolo è prodotto idrogenando gli ossidi di carbonio presenti nel gas di sintesi, derivato da gassificazione o pirolisi, in reattori a letto fisso con catalizzatore (Cu/Zn/Al) pellettizzato. Le reazioni sono esotermiche e danno una diminuzione netta del volume molare. Perciò l'equilibrio è favorito da una elevata pressione e ridotte temperature. Il gas naturale di sintesi può essere prodotto secondo tre diverse strategie, che possono essere sia biologiche che termochimiche. La via biologica prevede l'upgrading di biogas prodotto dalla digestione anaerobica, le vie termochimiche prevedono la gassificazione della biomassa in acqua allo stato supercritico, la coproduzione di gas naturale di sintesi da processo Fischer-Tropsch, e la gassificazione della biomassa con metanazione in controcorrente. Se la digestione anaerobica e la gassificazione supercritica sono processi applicati per la conversione di biomassa umida (70-95% in peso di acqua), il processo di gassificazione e metanazione sono applicati per la conversione di biomasse secche (10-15% in umidità).

Le prospettive dei biocarburanti di seconda generazione in ambito europeo

Nel contesto dei cambiamenti climatici e della sicurezza di approvvigionamento di carburanti fossili i biocarburanti derivati da biomasse stanno guadagnando una sempre

Una piantagione di palma da olio in Malaysia



maggior importanza. Come già accennato la Ue ha stabilito obiettivi specifici per il 2010 ed il 2020 che porteranno allo sviluppo di un settore industriale capace di sostenerli. Nel lungo periodo però resta da stabilire se il biodiesel e il bioetanolo convenzionale saranno ancora i biocarburanti dominanti nel 2020 o i carburanti di sintesi e l'etanolo da biomasse lignocellulosiche diventeranno le opzioni più convenienti dal punto di vista economico.

Per rispondere ad una tale domanda, si devono valutare:

- le disponibilità di materie prime (come fatto nell'introduzione di questo lavoro);
- i parametri climatici e pedologici che contraddistinguono le diverse aree al fine di individuare le zone vocate alla produzione di materie prime per l'industria dei biocarburanti. I parametri necessari all'allocazione delle aree vocate individuate (attuali fabbisogni alimentari; funzioni non produttive del bosco; conservazione della natura; utilizzo del suolo per ospitare infrastrutture etc.);
- costi di produzione, di conversione energetica, trasporto e distribuzione dei biocarburanti.

I biocarburanti di prima generazione al momento attuale sono i più convenienti. Ciò è dovuto anche al fatto che nel 2005 una parte significativa della produzione di biodiesel impiega residui (grassi animali) c

L'entrata nel mercato dei prodotti alternativi alla benzina di prima generazione, anche se forzata, favorirebbe la riduzione dei costi dell'intera catena di produzione del bioetanolo nel lungo periodo. L'introduzione del diesel FT di seconda generazione può incontrare barriere importanti causate dai notevoli costi iniziali, ciò può comportare che i sostituti del diesel di prima generazione dominino incontrastati per lungo tempo. Ciò nonostante i biocarburanti di seconda generazione hanno un forte potenziale di riduzione dei costi, in quanto sono innovativi e più evoluti, però la loro diffusione sarà molto dipendente dalla velocità con cui si riuscirà ad abbatte i costi specifici. Ci sono fondamentalmente solo due ipotesi che possono favorire una più veloce diffusione dei biocarburanti di seconda generazione e sono:

- la necessità di tenere in considerazione i maggiori vantaggi che questi offrono nella riduzione delle emissioni di gas serra;
- l'aumento della proporzione di miscelazione dei

biocarburanti con i carburanti fossili, come già detto, spingerà probabilmente verso l'utilizzo di materie prime lignocellulosiche, che sono alla base della produzione dei biocarburanti di seconda generazione.

Le difficoltà maggiori per la diffusione dei biocarburanti di seconda generazione sono invece:

- le filiere di produzione di biomasse lignocellulosiche devono sorgere ex-novo e quindi hanno bisogno di investimenti, al contrario delle filiere di produzione di piante oleaginose, che sono comunemente coltivate per scopi alimentari;
- per i sostituti del diesel come i biocarburanti FT si deve perfezionare la fase di gassificazione, processo che deve essere ancora introdotto su larga scala e ciò crea una barriera agli investimenti.

Al fine di superare tali barriere l'Unione europea sta mettendo in atto una strategia volta a promuovere ricerca e sviluppo lungo le seguenti linee:

- materie prime;
- processi di conversione;
- ottimizzazione della fase di impiego in motore;
- sostenibilità economica e ambientale.

Per quanto riguarda le materie prime occorre produrre delle curve disponibilità-costi per le diverse fonti di biomassa (colture dedicate, biomasse agroforestali, sottoprodotti ecc.). Inoltre si devono localizzare geograficamente le disponibilità. Occorre sviluppare colture da biomassa ad elevate rese e con ridotte esigenze culturali, ricorrendo anche alla selezione genetica. Quindi si devono predisporre efficienti sistemi logistici che prevedano la raccolta, trasporto e stoccaggio della biomassa.

Per lo sviluppo nel settore delle biomasse dedicate da utilizzare come materie prime per la produzione di biocarburanti si devono tener presenti tre linee guida:

- aumento della produttività;
- miglioramento nella adattabilità del substrato ai processi di conversione;
- minore impatto ambientale.

Per quanto riguarda le rese si deve puntare a:

- sviluppare piante con tassi di crescita maggiori, migliorando l'efficienza fotosintetica, la conversione degli assimilati nelle sostanze richieste per la produzione di biocarburanti (e.s. accumulo degli olii nel seme), architettura e fisiologia più efficienti;
- prolungare il periodo vegetativo, garantendo un minore

Una piantagione di canna da zucchero a Madeira (Portogallo)



fabbisogno di freddo necessario alla germinazione e una fioritura ritardata;

- ridurre le perdite di biomassa dovute a stress, aumentando la resistenza contro patogeni e la tolleranza nei confronti di stress abiotici;

- aumentare le terre coltivabili impiegando varietà con richieste ecologiche molto ridotte.

Per quanto riguarda la “convertibilità” delle biomasse si deve puntare a:

- far sì che lo stoccaggio dei carboidrati negli organi di accumulo sia facilmente accessibile;

- rimuovere i composti che possono inibire l'attività di conversione microbiologica della biomassa;

- ridurre il contenuto di alcali al fine di migliorare la combustione;

- aumentare la diversità delle biomasse coltivate per poter garantire un approvvigionamento continuo alle centrali;

- puntare la selezione genetica sia sulle parti della pianta destinabili alla produzione alimentare che sulle restanti parti dedicate alla produzione di energia;

- selezionare piante con ridotte esigenze da coltivare in suoli marginali.

Al fine di minimizzare l'impatto legato alla coltivazione delle piante si deve puntare a:

- migliorare l'efficienza di impiego delle risorse (acqua e nutrienti);

- facilitare l'impiego di reflui per l'irrigazione;

- coltivare piante in grado di produrre anche su suoli contaminati e salini.

Per quanto riguarda i processi di conversione occorre migliorare le tecnologie disponibili per la produzione di biocarburanti di prima generazione, mirando alla riduzione dell'emissione di gas serra e dei costi specifici; quindi sviluppare tecnologie biochimiche e termochimiche che possano processare materie prime lignocellulosiche per dare biocarburanti di seconda generazione. Si deve inoltre puntare allo sviluppo di bioraffinerie integrate, che a partire da diverse materie prime siano in grado di produrre una varietà di prodotti finali sfruttando al massimo il valore aggiunto di sottoprodotti di qualità. I biocarburanti di seconda generazione sono quindi allo stato attuale interessati da ricerca e sviluppo al fine di trovare tecnologie affidabili che riducano i costi di produzione.

Per il bioetanolo ad esempio, mentre il processo di fermentazione a partire da materiali zuccherini o amidacei

è una tecnologia ormai diffusa, l'utilizzo di biomasse lignocellulosiche è più complesso. Ciò è dovuto ai maggiori costi necessari per realizzare l'idrolisi (acida o enzimatica). Le fasi rimanenti del processo, come la distillazione e la raffinazione finale sono simili a quelle convenzionali.

Attualmente gli impianti di seconda generazione esistenti sono situati in Canada (Iogen), Svezia (ETEK/SEKAB) e Spagna (Abengoa). La capacità prevista per gli impianti in futuro varia da 5 a 110 MW di carburante con un'efficienza di conversione di circa il 45-50%. La ricerca e sviluppo in questo campo deve essere diretta verso le tecnologie di idrolisi della cellulosa e verso una integrazione dell'impianto di etanolo volta alla valorizzazione anche energetica dei residui che si ottengono dal processo, primo tra tutti la lignina.

La produzione di biocarburanti di sintesi richiede lo sviluppo completo della tecnologia di gassificazione/pirolisi su larga scala. La capacità stimata per impianti simili deve essere intorno a 30-340 MW di biocarburante. Oltre alla scala si deve porre attenzione alla variabilità della materia prima impiegata che possiede diverse caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche. Se le materie prime sono variabili la composizione del gas di sintesi deve essere invece il più standardizzata possibile. Dal momento che nessun sistema di gassificazione è in grado attualmente di garantire ciò si deve ricorrere a sistemi di pulizia del gas e condizionamento. Le efficienze termiche per il gas naturale di sintesi possono arrivare fino al 65%, mentre per il metanolo e il diesel FT si prevedono efficienze pari a 40-52%.

Anche se il bioidrogeno non è un gas di sintesi, si produce con sistemi simili. Dopo il trattamento del gas grezzo ricavato il gas ricco di idrogeno è purificato e quindi distribuito. A questo scopo l'idrogeno deve essere compresso o liquefatto. Le capacità dell'impianto previste sono simili a quelle degli impianti per la produzione di gas di sintesi, mentre l'efficienza termica varia da 50 a 55%. Per quanto riguarda l'ottimizzazione della fase di impiego in motore si deve puntare a stabilire condizioni per la compatibilità tra il biocarburante (o le miscele contenenti biocarburanti) ed il motore, eventualmente sviluppando adeguate modifiche. Si deve inoltre generare adeguati standard per i biocarburanti.

Al fine di analizzare la sostenibilità economica e ambientale si devono sviluppare indicatori e metodologie adeguate.



Alcuni esempi di indicatori sono proposti di seguito:

- indicatori ambientali (impatto ambientale, LCA della filiera, emissioni di gas serra etc.)
- indicatori sociali (impatti sociali della LCA, emissioni di gas serra, incentivi e barriere);
- indicatori economici (penetrazione del mercato, incentivi e barriere)

Tali indicatori devono essere misurati e monitorati in modo costante durante la attuazione del progetto, per verificarne la sostenibilità appunto. L'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) è un processo che permette di valutare l'impatto ambientale di un prodotto, processo o attività, attraverso un approccio che viene definito "dalla culla alla bara" (from cradle to grave). Si tratta di un'analisi sistematica volta ad identificare e quantificare le risorse impiegate (materiali, energia, acqua); per valutare l'impatto di questi consumi e quello di emissioni e rifiuti sugli ecosistemi; per identificare e valutare - infine - le opportunità per realizzare eventuali miglioramenti ambientali.

Questa tematica si intreccia anche con l'esigenza di certificare i biocarburanti non solo dal punto di vista merceologico ma anche dal punto di vista ambientale.

A questo proposito il 31 gennaio 2007 è stata adottata una proposta di modifica della direttiva 98/70/Ce (COM (2007) 18), che stabilisce specifiche comuni a livello europeo per la benzina, i combustibili diesel e il gasolio utilizzati dai veicoli stradali, dalle imbarcazioni adibite alla navigazione interna e da altri tipi di macchinari mobili non stradali, al fine di ottenere una graduale decarbonizzazione dei carburanti utilizzati attualmente nei trasporti su strada. A partire dal 2009 i produttori/distributori di fuels dovranno predisporre un rapporto relativo alle emissioni di gas serra dei carburanti e combustibili, prodotti ed immessi al consumo, calcolate sull'intero ciclo di vita. Dovranno in particolare monitorare dal 2010 ogni anno le effettive emissioni e dal 2011 saranno chiamati a ridurre queste dell'1% all'anno; l'obiettivo finale è di raggiungere una riduzione del 10% dei gas serra emessi, da conseguire entro il 2020.

La produzione di etanolo del Brasile copre circa il 20% dei consumi di carburante dei trasporti interni. Nella foto un lavorante in una piantagione di canna da zucchero nei pressi di San Paolo (Brasile)



Italia: stato attuale e prospettive future

Alcune stime sulla produzione di biocarburanti di prima generazione (biodiesel e bioetanolo) in Italia possono essere ricavate dal Documento propedeutico alla redazione del Piano Nazionale Biocarburanti e Biomasse agroforestali per usi energetici, realizzato dal CRB (Centro Ricerca sulle Biomasse). Da questo risulta che nel corso del 2005 sono state prodotti a partire da diverse materie prime (vino, vinacce, melasso di barbabietola, cereali, frutta) 1.610.000 ettanidri (hn) di etanolo, corrispondenti a circa 127.000 t, utilizzato in parte anche come biocarburante fuori dei confini nazionali. Alcuni dati relativi alla distribuzione delle distillerie sul territorio nazionale (75 stabilimenti associati ad Assodistil - Associazione Nazionale Industriali Distillatori di Alcoli e di Acquaviti, che rappresentano circa il 95% della produzione italiana) e alla produzione di etanolo in Italia negli ultimi anni sono riportate in tabella 2 e 3. Per quanto riguarda la produzione di biodiesel nel nostro

Paese questa è stata avviata a partire dal 1992, nell'ambito di un progetto dimostrativo europeo che riguardava solo Italia e Francia, e gli impianti oggi in funzione hanno una capacità produttiva stimata in circa 800.000 - 850.000 t/anno per il 2006, con previsione di incremento a 1.200.000 t/anno nel 2007, ben superiore alle produzioni attuali (396.000 t, di cui però solo poco più di 188.000 per il mercato interno, nel 2005).

Per favorire la nascita di un'industria e di un mercato nazionali del biodiesel, tenuto conto dei costi di produzione più elevati e del conseguente prezzo di vendita non competitivo di questo prodotto rispetto al gasolio, la soluzione finora prescelta è stata quella dell'esenzione dall'imposta di fabbricazione sui carburanti (accisa) per un determinato "contingente" di biodiesel, ripartito di anno in anno fra i diversi produttori nazionali ed europei interessati, la cui entità è variata nel tempo oscillando fra le 125.000 e le 300.000 t/anno.

Regione	distillerie	Regione	distillerie
Valle d'Aosta	11	Marche	-
Piemonte	8	Lazio	1
Lombardia	8	Abruzzo	1
Veneto	8	Molise	-
Trentino - Alto Adige	7	Campania	2
Friuli Venezia Giulia	-	Puglia	4
Liguria	14	Basilicata	-
Emilia Romagna	3	Calabria	-
Toscana	1	Sicilia	6
Umbria	7	Sardegna	1

Tabella 2: Distribuzione delle distillerie in Italia (stabilimenti associati ad Assodistil)

Anno	Etanolo (t)
1999	158.700
2000	162.400
2001	163.500
2002	158.000
2003	117.700
2004	118.500
2005	127.200

Tabella 3: Produzione di etanolo in Italia. Anni 1999-2005

Anno	Biodiesel (t)
2002	220.886
2003	298.526
2004	325.927
2005	188.225
2006 (stima)	180.000

Tabella 4: Produzione di biodiesel per il mercato italiano. Anni 2002-2006

Bibliografia

- Reijnders L. Conditions for the sustainability of biomass based fuel use. *Energy Policy* 2006; 34:863-76;
- F. Zimbardi, E. Viola, A. Gallifuoco*, I. De Bari, M. Cantarella*, D. Barisano and G. Braccio, Overview of the bioethanol production, ENEA Divisione Fonti Rinnovabili e Cicli Avanzati di Energia - Sezione Biomasse Centro Ricerche Trisaia, 75025 Policoro (MT);
- Potential biomass mobilization for biofuel production worldwide, in Europe and in France, ifp
- A. Demirbas, Progress and recent trends in biofuels, *Progress in Energy and Combustion Science* 33 (2007) 1-18;
- P. McKeough e E.Kurkela, Detailed comparison of efficiencies and costs of producing FT liquids, methanol, SNG and hydrogen from biomass, 15th European Biomass Conference & Exhibition, 7-11th May 2007, Berlin, Germany;
- D. Wang, S.Czernik, D. Montané, M.Mann, E. Chornet, Biomass to hydrogen via pyrolysis and catalytic steam reforming of the pyrolysis oil and its fractions. *IEC Res* 1997; 36:1507-18;
- D.Wang, S. Czernik, E.Chornet. Production of hydrogen from biomass by catalytic steam reforming of fast pyrolysis oils. *Energy Fuels* 1998; 12:19-24;
- S. Czernik, R. French, C.Feik, E.Chornet. Production of hydrogen from biomass by pyrolysis/steam reforming. In: C. Gregoire-Padrò, F. Lau editors. *Advance in hydrogen energy*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers; 2000. p. 87-91;
- A. Demirbas, Yields of hydrogen-rich gaseous products via pyrolysis from

- selected biomass samples. *Fuel* 2001;80:1885-91;
- C.N. Hamelinck, A.P.C. Faaij, Future prospects for production of methanol and hydrogen from biomass, *Journal of Power Sources* 111 (2002) 1-22;
- M.Mozaffarian, R.W.R. Zwart, H.Boerrigter, E.P. Deurwaarder, S.R.A. Kersten, "Green gas" as SNG (Synthetic Natural Gas) a renewable fuel with conventional quality, Contribution to the Science in Thermal and Chemical Biomass conversion" conference 30 August-2 september 2004, Victoria, Vancouver Island, BC, Canada;
- M. Londo, E.Deurwaarder e S.Lensink, G.Fisher, S. Prieler e H. van Velthuizen, M.de Wit e A.Faaij, G.Berndes e J.Hansson, G.Berndes e J. Hansson, H.Duer e J.Lundbaek, G.Wisniewski, K.Konighofer, Refuel: an EU road map for biofuels, 15th European Biomass Conference & Exhibition, 7-11th May 2007, Berlin, Germany;
- European Biofuels Technology Platform: Strategic Research Agenda & Strategy Deployment Document ISBN 978-1-872691-38-1;