

GASSIFICAZIONE DI LEGNA VERGINE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E CALORE

Le energie rinnovabili sono di frequente al centro di discussioni, polemiche e contestazioni, spesso perché non si riesce a valutare le reali dimensioni dei piccoli impianti che potrebbero essere realizzati, le reali ricadute economiche, sociali, ambientali e di salute pubblica e, infine, molte volte sono utilizzati come strumenti di scontro politico. In questo articolo valuteremo una delle migliori tecnologie pulite per lo sfruttamento di questa risorsa naturale e rinnovabile.



Le rinnovabili in tutto il mondo stanno attirando nuovi investitori, sviluppano nuove figure professionali e danno un grosso volano alla ripresa economica che tutti si aspettano, rendendosi conto che fonti rinnovabili ed efficienza energetica sono il futuro. L'Italia, che avrebbe ancora molto da offrire, sembra aver cambiato direzione mentre siamo ancora a metà strada di quelli che sono gli obiettivi di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile: il 42% nel 2020, il 61,5% nel 2030 ed infine il 100% nel 2050. Obiettivi decisamente ambiziosi e che si scontrano con le strategie che invece sembrano andare dalla parte opposta [1]. È vero che gli obiettivi riguardo l'emissione di CO₂ del 2020 sono stati praticamente raggiunti, ma bisogna tener presente che un aiuto al raggiungimento di tali obiettivi è più imputabile al rallentamento delle attività economiche in seguito alla crisi economico-finanziaria che alla volontaria riduzione dell'utilizzo dei combustibili fossili (tra il 2008 ed il 2009 si è registrato un massiccio calo del 7,3% [2]).

Quando si affronta un argomento così articolato e vasto, quale la pianificazione e la produzione di energia, non si deve focalizzare l'attenzione solo su un particolare legato ad un singolo progetto, ma si deve guardare il tema "energia" nel suo complesso, osservando il contesto globale nel quale tutti noi siamo inseriti ed individuando tra i pro ed i contro i punti che possono diventare una forza per quella comunità nella quale il progetto o l'impianto rinnovabile viene inquadrato.

I problemi che la nostra società deve necessariamente affrontare sono i seguenti:

- ridurre la dipendenza dalle energie fossili (petrolio, gas e carbone);
- rispettare gli impegni dal protocollo di Kyoto del 2005 alla Cop21 di Parigi del 2015 (diminuire produzioni di gas serra);
- individuare le energie verdi che possono essere prodotte localmente in base alle specifiche del proprio territorio;
- scegliere una tecnologia affidabile e di buon compromesso in base all'ambiente circostante.

Dal punto di vista industriale, le biomasse sono la fonte rinnovabile che più si adatta alle trasformazioni chimiche e che quindi permettono alle stesse di diventare la fonte più versatile per produrre energia termica o elettrica, ma anche accumulare energia sotto forma, ad esempio, di biometano da inserire nella rete di distribuzione nazionale di gas naturale.

Dalle biomasse si può anche estrarre intermedi chimici ed infine creare i "building blocks" necessari ad alimentare la nuova industria della "bio-raffineria".

Comunemente le biomasse sono però sfruttate, secondo i detrattori, attraverso impianti simili agli inceneritori, ma dobbiamo vincere questa ormai superata concezione e fare i dovuti distinguo, visto che con le nuove tecnologie non c'è alcun incenerimento delle biomasse usate, ma più spesso abbiamo la loro trasformazione chimica sia per la produzione di energia sia come materia prima per la bio-raffineria. In particolare, le biomasse legnose, presentano numerosi vantaggi derivanti dal loro utilizzo:



- la legna è neutrale nei riguardi delle emissioni di anidride carbonica (i boschi non sono coltivati con fertilizzanti o fitosanitari come i campi di cereali, di colza o di girasole);
- il legno è una materia prima rinnovabile e l'abbattimento selezionato degli alberi deve/viene comunque effettuato per la manutenzione del territorio;
- l'utilizzo delle biomasse rispetto ai combustibili fossili ha un minore impatto sull'ambiente e sulla salute delle persone (prendendo in considerazione l'intero ciclo di produzione del petrolio, dal pozzo alla pompa di benzina, o del gas naturale, dall'estrazione o al fornello di cucina);
- la legna può costituire un vantaggio addizionale per l'agricoltura legata alla manutenzione del bosco o dei fiumi ed uno sgravio economico per la pubblica amministrazione, che attualmente è obbligata ad effettuare pulizia di boschi e fiumi senza alcun beneficio economico;
- la legna, a differenza delle altre rinnovabili, ha una produzione di energia costante nel tempo a prescindere dalle condizioni meteorologiche;
- la legna è una fonte ben distribuita sul nostro territorio;
- la manutenzione del territorio boschivo previene il degrado dei suoli ed i sempre più frequenti disastri idrogeologici. L'Italia è al quarto posto nel mondo per il numero di vittime annue causate da frane e alluvioni, con danni quantificati nell'ordine di 2 miliardi di euro annui. Secondo le "Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale", rilasciate dal Ministero dell'Ambiente, in Italia circa 4 milioni di ettari di terreno agricolo e forestale (il 13% del territorio nazionale) è a rischio di erosione e frane; servirebbero, pertanto, almeno 40 miliardi di euro per la messa in sicurezza del territorio. Denaro che potrebbe, in parte, provenire proprio dalla creazione della filiera foresta-energia;
- la creazione di impianti, sono una straordinaria opportunità di sviluppo per i territori rurali dal punto di vista economico, sociale ed ambientale: consente, infatti, di mantenerli vitali, creando la filiera legata alle rinnovabili che può rappresentare una risorsa per l'intera comunità invertendo fenomeni di spopolamento e contribuendo a un generale miglioramento della qualità della vita degli abitanti e del bilancio delle amministrazioni locali;
- in alcuni casi gli impianti a biomassa hanno prodotto ricchezza anche turistica tramite il "turismo delle rinnovabili", con scuole, professionisti, investitori, ecc. che visitano gli impianti più avanzati; in altri casi la costruzione di un impianto a legna ha promosso la nascita di altre aziende (mobilitici, allevamenti, serre, ecc.).

La gassificazione

Tra i processi più innovativi per l'utilizzo della biomassa legnosa, la gassificazione della legna è quella più promettente, poiché ha una maggiore resa ed un minor impatto ambientale rispetto alla combustione diretta. Le biomasse utilizzate possono essere residui forestali, legno dall'industria della carta, scarti di segheria o coltivazioni energetiche realizzate su territori non coltivati per produrre alimenti per l'uomo o per gli animali, come le golene, i bacini di espansione nei pressi dei fiumi.

Tecnicamente la gassificazione è un trattamento termochimico di legna a $T > 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ attraverso il quale il combustibile sopra descritto è

convertito in un gas di sintesi (syngas) termochimico attraverso una parziale ossidazione in difetto di ossigeno per ottenere un gas combustibile costituito da CO , H_2 , CH_4 , CO_2 e un co-prodotto solido (carbocella vegetale). Il processo nel complesso è formato concettualmente da tre fasi: una prima di pirolisi, una seconda, molto esotermica, di combustione e, infine, la conversione del carbonio in gas (CO , H_2 , CH_4 ; gassificazione propriamente detta).

Con il termine pirolisi (Fig. 1) si intende la decomposizione per via termica di un combustibile in assenza di apporto di ossigeno (tranne quello eventualmente già presente nel combustibile), con la finalità di produrre tre composti principali:

- char, un agglomerato di natura complessa, costituito principalmente da carbonio, ceneri, composti zolfo e idrocarburi volatili, e partecipano al processo di gassificazione;
- tar, composti carboniosi condensabili, che partecipano al processo di gassificazione solo in determinate condizioni termodinamiche;
- syngas.

A seconda soprattutto della rapidità del processo è possibile spostare il risultato della reazione verso le frazioni più leggere (liquidi e gas; pirolisi veloce) o pesanti (char e liquidi; pirolisi lenta).

Le principali reazioni che avvengono durante la gassificazione sono:

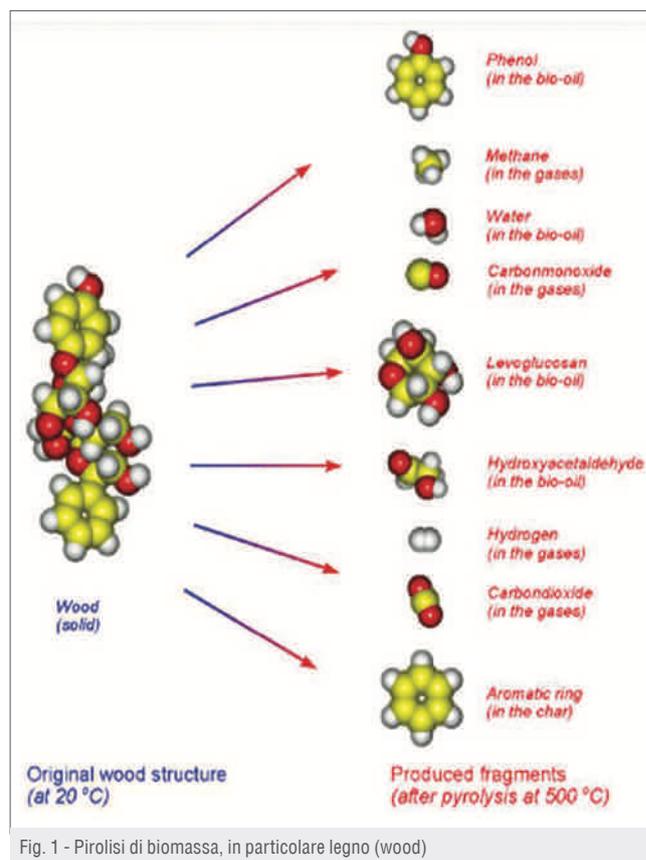
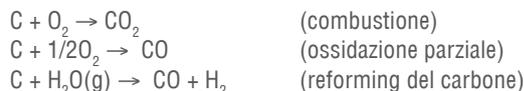


Fig. 1 - Pirolisi di biomassa, in particolare legno (wood)

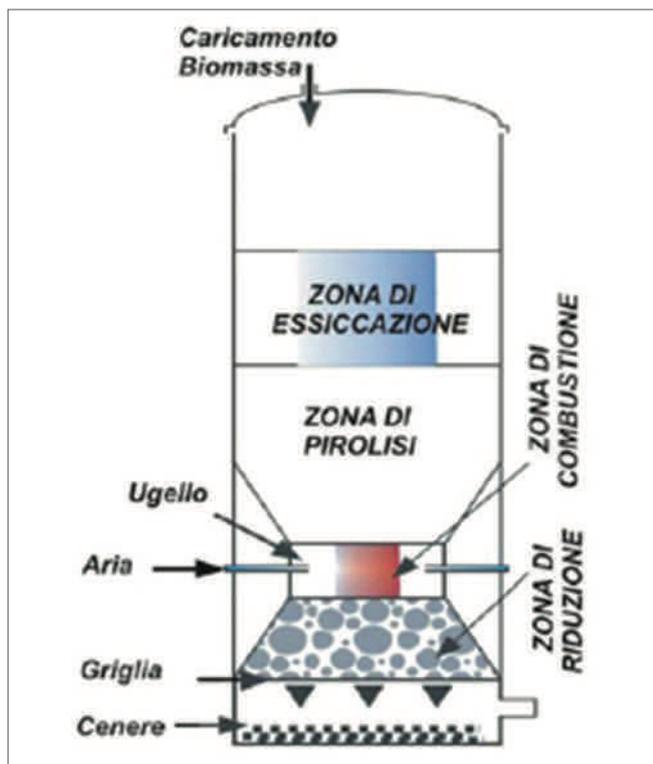
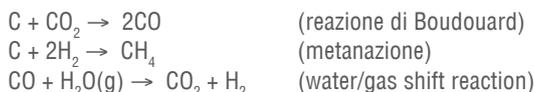


Fig. 2 - Gassificatore a letto fisso di tipo downdraft



Occorre tenere conto del fatto che l'intero processo di conversione del combustibile primario in gas di sintesi è notevolmente influenzato anche dalla cinetica delle reazioni. In effetti, la conversione dipende dal tempo di permanenza del combustibile primario all'interno del reattore e dalle condizioni termodinamiche (temperatura e pressione); all'aumentare del tempo di permanenza, della temperatura e della pressione si osservano via via maggiori percentuali di conversione del combustibile primario. Oltre alla temperatura ed alla pressione di gassificazione, fra i parametri operativi del processo risultano di notevole importanza i rapporti in massa ossigeno/carbone= α e vapore/carbone= μ , nonché la purezza dell'ossidante, ovvero la percentuale di ossigeno in esso contenuta.

Il gassificatore più adatto per piccole produzioni di energia elettrica (da 100 a 300 kWe) è il reattore a letto fisso downdraft (Fig. 2), dove combustibile e ossidante scendono entrambi verso il basso attraversando un letto fisso, supportati da una zona dove il diametro del reattore si riduce. Proprio in questa zona, avviene la maggior parte della reazione di gassificazione e i prodotti sono intimamente mescolati in regime turbolento e ad alta temperatura. A causa della conformazione geometrica del reattore, si raggiunge un alto tasso di conversione in prodotti leggeri di pirólisi e quindi una modesta presenza di tar nel gas di sintesi in uscita dal reattore stesso. Per questa caratteristica i gassificatori a letto fisso equi-corrente offrono buoni rendimenti se

accoppiati a generatori elettrici di piccola taglia con motori a combustione interna.

Il vantaggio della gassificazione, rispetto alla combustione, è la più facile pulizia delle emissioni inquinanti, il maggior sfruttamento dell'energia presente nella biomassa e l'utilizzo di una temperatura più elevata nella successiva combustione del syngas per produrre energia con motori endotermici (rendimento in energia elettrica 35%) o turbine (rendimento in energia elettrica 15%). La produzione di energia o di calore mediante gassificazione avviene in più stadi: lo spezzettamento della biomassa in piccole scaglie (cippato), la loro deumidificazione fino ad un contenuto di umidità <15%, la gassificazione in difetto di ossigeno nel reattore di gassificazione.

Per la pulizia del syngas, a valle del gassificatore possono essere introdotti cicloni, filtri a maniche o elettrofiltri per abbattere le polveri (smaltite opportunamente) o lavaggi ad acqua per eliminare dal syngas residui acidi o basici ed anche le polveri. L'acqua contenuta nella legna deve essere raccolta e smaltita in un sistema di trattamento acque come quello dei depuratori delle acque cittadine. A seguito della vera combustione del syngas nell'impianto di cogenerazione, che produce elettricità e calore, vengono inseriti impianti di abbattimento di NO_x , CO ed ulteriori filtri per abbattere le eventuali polveri presenti prima di immetterlo nell'ambiente.

La combustione del syngas e le emissioni di polveri sono paragonabili a quelle di un motore a GPL o gas naturale. Utilizzando le opportune tecnologie, nel suo complesso, la gassificazione delle biomasse legnose vergini è senz'altro una tecnologia pulita per produrre energia elettrica e calore.

La combustione diretta della legna ha una resa in energia elettrica inferiore (rendimento finale del 12-15% contro il 25-30% della gassificazione) ed una maggiore produzione di inquinanti.

Il processo di gassificazione della GMP Bioenergy

L'impianto messo a punto dalla GMP Bioenergy è costituito da 4 gassificatori che lavorano in parallelo. Lo schema di ogni singola linea è riportato nella Fig. 3:

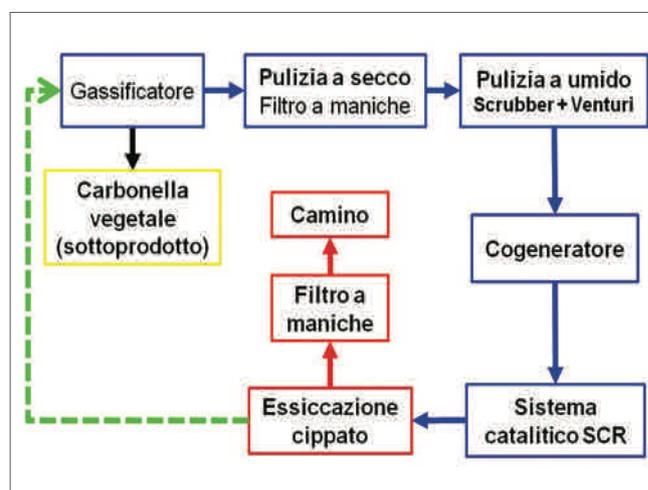


Fig. 3 - Schema di processo: linea verde tratteggiata (cippato essiccato), linea blu (syngas o gas di scarico), linea nera (carbonella vegetale), linea rossa parte in comune con più linee di gassificazione



Ogni singola linea permette di produrre un syngas con le seguenti caratteristiche:

- portata massima 350 Nmc/h (2,2 kWtermici/Nmc);
- potenza termica: 770 kWtermici;
- potenza elettrica: 250 kWelettrici;
- quantità di legna consumata: 2.500 t/anno avente la seguente composizione chimica:

H_2 = 22-24%
 CO = 25-26%
 CH_4 = 5-6%
 C_nH_{n+2} = 1-2%
 CO_2 = 18-19%
 N_2 = 30-32%
 O_2 = 0,1%

L'impianto della GMP Bioenergy

L'impianto di gassificazione ha una modularità tale che consente il recepimento di biomassa legnosa vergine di tipologia differente, con un contenuto di umidità e con una pezzatura variabile. Nella sua configurazione completa l'impianto di gassificazione è costituito dalle sezioni principali riportate di seguito.

Sezione di pre-trattamento della biomassa:

- *trincee di stoccaggio biomassa*; la biomassa conferita in impianto, con tenore di umidità medio del 45% e pezzatura variabile, è stoccata in trincee di stoccaggio con pavimentazione industriale ed eventualmente dotate di sistema di pre-essiccazione ottenuto tramite canalizzazione ed insufflazione a bassa velocità di aria calda a bassa temperatura (ottenuta tramite il recupero di calore dal raffreddamento degli intercooler e delle camicie/pistoni dei gruppi elettrogeni). La platea può essere sormontata da una tettoia con la funzione di proteggere la biomassa stessa dagli agenti atmosferici e permettendo un'essiccazione "naturale" tramite ventilazione;
- *tramoggia di carico*, sormontata da una tettoia con la funzione di proteggere la biomassa stessa dagli agenti atmosferici e dotata di coclea di alimentazione del cippato di legno al vaglio;
- *vaglio rotativo*, utilizzato per standardizzare la pezzatura della biomassa (dai 2 ai 5 cm circa) e costituito principalmente da un cilindro ad asse orizzontale posto in rotazione e dotato sulla sua superficie laterale di forature di varie dimensioni; durante il movimento, il cippato di legna percorre il cilindro assialmente, con conseguente caduta verso il basso dei componenti della biomassa stessa di dimensioni inferiori ai fori stessi. Il vaglio alimenta il cippato selezionato all'essiccatore;
- *n. 2 essiccatori*; gli essiccatori ricevono il cippato di legno tagliato, attraverso un sistema di coclee di trasporto, e ne permettono l'essiccazione fino ad un contenuto di umidità residua massima del 6%. Il calore utilizzato per l'essiccazione della biomassa deriva dalla captazione e dal convogliamento dei fumi di scarico dei motori endotermici. In uscita ai due essiccatori i fumi sono convogliati e riuniti in un unico condotto di espulsione in atmosfera ad una temperatura di circa 100°C, previo trattamento con un filtro a maniche per l'abbattimento delle polveri. A valle dei due essiccatori è posto un ventilatore deputato all'aspirazione dei gas caldi;

- *n. 2 silos di stoccaggio*, ognuno di capacità di circa 60 mc, al cui interno è immagazzinata la biomassa essiccata. All'interno di ogni silos si trovano una serie di spintori e coclee per l'estrazione e il convogliamento della biomassa al sistema di carico del dosatore e quindi del reattore.

Sezione di gassificazione:

È costituita da 4 linee di gassificazione e relative linee di pulizia syngas, ognuna delle quali risulta composta da:

- *dosatore*; la biomassa in uscita dai silos di stoccaggio è trasportata pneumaticamente nel dosatore al cui interno una coclea provvede a trasferire la biomassa stessa dal dosatore al reattore, realizzandone appunto il carico secondo automatismi gestiti dal PLC; una serie di valvole a tenuta stagna impediscono, in fase di carico del reattore, all'aria esterna di entrare nel reattore;
- *reattore di gassificazione*, di tipo downdraft a letto fisso con carica della biomassa nella parte superiore e aspirazione dell'aria dalla parte inferiore. Il reattore è dotato di un primo sistema di raffreddamento interno ad aria; la stessa, una volta riscaldata e arricchita in ossigeno, è utilizzata per l'alimentazione del gassificatore stesso, aumentandone il rendimento di conversione della biomassa in syngas. La parte inferiore del reattore, raffreddata ad acqua, raccoglie il carbone e le ceneri eliminate dal sistema ed estratte con un sistema di coclee con chiusure a tenuta stagna al fine di impedire l'ingresso di aria. Il carbone che è estratto dal reattore è raccolto in appositi contenitori completamente chiusi al fine di non avere fenomeni di polverizzazione del carbone stesso verso l'esterno; sempre nella zona inferiore, quattro botole di ispezione consentono di effettuare l'ispezione e la manutenzione della griglia del reattore. Nella parte superiore il reattore è dotato di un ulteriore passo d'uomo di ispezione, di una valvola di sovra-pressione debitamente dimensionata, nonché di un disco di rottura per prevenire possibili esplosioni. L'interno del reattore è realizzato in materiale refrattario resistente alle elevate temperature raggiunte in fase di gassificazione pari a circa 1.200 °C; temperature di lavoro così elevate e geometrie interne del reattore appositamente dimensionate permettono di evitare un'eccessiva formazione di TAR;
- *sistema di estrazione e stoccaggio della carbonella*; nella parte bassa del reattore di gassificazione è presente un sistema di coclee, per la rimozione del carbone prodotto durante la fase di gassificazione stessa e il suo stoccaggio all'interno di contenitori sigillati per evitare la dispersione di polveri;
- *sistema di filtrazione a ciclone*; il syngas in uscita dalla parte alta del reattore attraversa un mini-ciclone per la rimozione delle particelle di carbone trasportato dal flusso gassoso stesso;
- *sistema di filtrazione a secco* (in fase di sperimentazione); filtrazione del syngas su setto ceramico pulizia degli stessi tramite soffi in controcorrente di gas inerte. Questo sistema è il metodo che garantisce i più elevati rendimenti di captazione e soprattutto i più bassi costi di gestione a medio lungo termine (smaltimento rifiuti, smaltimento setti filtranti esausti, ecc.). La sezione del filtro è circolare per meglio sopperire alle inevitabili dilatazioni termiche ed alle elevate depressioni che il processo richiede. Il dimensionamento del filtro (velocità di filtrazione e velocità ascensionale) è stato eseguito al fine di ottenere una concentrazione di polvere a valle del filtro <5 mg/Nm³;



- *sistema di raffreddamento e lavaggio del syngas*; il syngas prodotto nel reattore necessita di essere raffreddato e depurato. Il lavaggio con acqua permette di abbassare la temperatura del syngas tra i 20-30 °C e di rimuovere le polveri più fini sfuggite non catturate dal ciclone depolveratore. Un demister allontana dal flusso di syngas l'acqua trascinata dalla reazione stessa. L'acqua di lavaggio è in circuito chiuso e collegato a uno scambiatore a piastre, il cui circuito secondario è costituito da un circuito aperto in torre evaporativa per il raffreddamento alla temperatura di bulbo umido dell'acqua di lavaggio stessa;

- *sistema di raffreddamento dell'acqua di lavaggio*; l'acqua di lavaggio della sezione di raffreddamento e lavaggio del syngas è in circuito chiuso e collegato a uno scambiatore a piastre, il cui circuito secondario è costituito da un circuito aperto in torre evaporativa (o in sistemi adiabatici) per il raffreddamento alla temperatura di bulbo umido dell'acqua di lavaggio stessa;

La sezione di gassificazione è completata da:

- *n. 4 torce di emergenza* (una per ogni linea di gassificazione); la torcia di emergenza è utilizzata in fase di accensione e spegnimento dell'impianto e in caso d'interruzione del flusso di syngas verso i motori stessi;

- *sezione di stoccaggio criogenico di ossigeno*; l'ossigeno è utilizzato per migliorare il processo di gassificazione della biomassa all'interno dei reattori, per ottenere una riduzione delle acque di processo e delle quantità di ceneri prodotte. L'ossigeno criogenico è stoccato in forma liquida all'interno di un serbatoio criogenico della capaci-

tà di 10 mc; completano l'installazione della sezione di stoccaggio dell'ossigeno la realizzazione di una piazzola recintata dove verrà installato il serbatoio criogenico e relativo evaporatore.

Sezione di potenza:

- *n. 8 gruppi elettrogeni* (998 kWe); la sezione di produzione di energia elettrica è costituita da n. 8 gruppi elettrogeni tipo marca IVECO MOTORS modello CURSOR 13 serie GS (oppure da Motori MAN), con potenza in COP pari a 124-125 kWe-155 kVA-50 Hz, in assetto cogenerativo e in allestimento a container insonorizzato. Il singolo gruppo elettrogeno è costituito da un motore endotermico a ciclo Diesel (o a ciclo otto nel caso dei motori MAN) in configurazione Dual-Fuel, con un'alimentazione a syngas e a gasolio; la quantità di gasolio consumata è di circa 1 l/h ed ha lo scopo di fungere da candela di accensione del gas e permettendo al motore endotermico di non spegnersi durante eventuali fasi altalenanti di produzione di syngas, a favore della maggior sicurezza dell'intero impianto. La quantità di energia elettrica prodotta dall'intero impianto imputabile all'utilizzo del gasolio come combustibile è inferiore al 5% dell'energia elettrica totale prodotta, permettendo di classificare l'impianto come impianto interamente alimentato a fonti rinnovabili. Il motore endotermico è dotato di quadro di parallelo, con sincronoscopio, per permettere l'immissione in sincronismo dell'energia elettrica prodotta nella rete elettrica nazionale; all'interno del quadro sono presenti relè di protezione contro sovra-correnti e sbalzi di tensione causanti micro-interruzioni nella rete elettrica nazionale.

Il motore endotermico è in assetto cogenerativo:

- sul circuito di raffreddamento dell'intercooler e delle camicie e pistoni (normalmente raffreddati ad aria tramite aerotermeo calettato con trasmissione a cinghia all'albero motore del motore endotermico stesso), è installato un sistema di recupero calore in acqua calda, eventualmente utilizzata per la fase di prima essiccazione della biomassa nella platea di stoccaggio;

- i fumi di scarico sono convogliati all'essiccatore rotante, previo trattamento per l'abbattimento delle concentrazioni degli inquinanti (CO, NO_x) per consentire l'essiccazione della biomassa. I fumi non convogliati all'essiccatore (evento che si verifica solo in caso d'emergenza e saltuariamente) sono emessi in atmosfera.

Sezione di trattamento degli effluenti gassosi

Secondo il criterio delle BAT (Best Available Techniques), la linea di abbattimento degli inquinanti è costituita da un sistema catalitico SCR di riduzione degli NO_x e di ossidazione del CO; seguito da un sistema di captazione delle polveri a filtro maniche. Il sistema SCR permette una drastica riduzione delle emissioni dannose e i cattivi odori contenuti nei gas di scarico permettendo il rispetto delle normative ambientali in materia per lunghi periodi di funzionamento; infatti il dispositivo ha un rendimento superiore al 90% per la riduzione degli NO_x (attraverso l'iniezione di una soluzione di urea al 40%) e 95% per l'ossidazione del CO.

Gestione dell'impianto

L'impianto viene gestito da personale che sovrintende le normali operazioni di approvvigionamento del combustibile e di conduzione



dell'impianto stesso, che risultano:

- scarico della biomassa nelle trincee di stoccaggio;
- selezione e trasferimento della biomassa verso la tramoggia di alimentazione del vaglio con impiego di pala gommata od analogo mezzo di trasporto;
- controllo del ciclo di alimentazione del vaglio;
- stoccaggio del sotto-vaglio in uscita dal vaglio;
- controllo dei parametri di funzionamento dell'essiccatore;
- controllo del sistema pneumatico di alimentazione delle linee di gassificazione;
- controllo delle sezioni di scarico della carbonella;
- controllo delle sezioni di lavaggio e pulizia syngas;
- controllo dei sistemi di raffreddamento dei vari circuiti (lavaggio syngas, fondo reattore, etc.);
- controllo di tutta la strumentazione della sezione di stoccaggio dell'ossigeno criogenico;
- controllo dei circuiti di recupero calore (fumi di scarico, raffreddamento camicie/pistoni, raffreddamento intercooler, etc.);
- controllo dei componenti della sezione di abbattimento delle sostanze inquinanti negli effluenti gassosi (sistema SCR, filtri a maniche);
- controllo di tutta la componentistica meccanica, in movimento continuo od alternato, e quindi soggetta ad usura (valvole, serrande, ventilatori, etc.);
- sostituzione olio motore ogni circa 350/400 h (15 gg.) e sostituzione contemporanea dei filtri a sostituzione iniettori dei motori circa ogni anno;
- sostituzione del motore base ogni 20/30.000 ore in relazione allo stato di usura;

Complessivamente i dati tecnici dell'impianto con 4 linee di gassificazione, che occupa circa 1.000 mq di un capannone industriale con un'altezza di circa 8 metri, sono riportati nella Tab. 1.

Approvvigionamento legna

Negli ultimi cinquant'anni la superficie occupata da boschi in Italia è praticamente raddoppiata (da 5,5 milioni di ettari censiti nel 1959 ai quasi 11 milioni del 2010) ed il prelievo equivale a poco meno del 25% dell'incremento annuo di biomassa prodotta. Numerose sono le regioni in Italia che possiedono migliaia di tonnellate anno di legna potenzialmente utilizzabile per questi impianti, permettendo la potenziale realizzazione di decine di impianti come questi capillarmente distribuiti nel territorio.

Inoltre, visto che la legna ha una bassa densità energetica (2.100-2.400 kcal/kg rispetto ai 9.000 kcal/kg dell'olio vegetale) e che i costi di trasporto incidono considerevolmente la conversione della legna è conveniente se questa viene raccolta in un raggio limitato fra 50-80 km [3].

Inquinanti

Come riportato in una precedente pubblicazione [4], la quantità di inquinanti emessa da un impianto per la produzione di energia elettrica attraverso la gassificazione di legna vergine è così sintetizzabile:

- IPA e diossine: relativamente alla produzione di diossine l'ambiente nel quale avviene la gassificazione è estremamente avverso alla formazione delle stesse. Le diossine si formano come combinazione tra componenti organici, con anelli benzenici, e cloro a temperature comprese tra i 250 ed i 600 °C. Nella zona di gassificazione la tem-

peratura è superiore agli 800 °C, l'ambiente è povero di ossigeno e ricco di idrogeno (H₂) con il quale il cloro reagisce dando origine ad acido cloridrico gassoso (HCl) che viene abbattuto all'uscita del reattore attraverso un sistema di lavaggio che utilizza una soluzione acquosa (insieme ad altre sostanze come H₂S, NH₃, ecc.). Bisogna poi considerare che il cloro, nel legno, è solitamente molto basso (circa 0,01% in peso) e durante la gassificazione reagisce con l'idrogeno e con tutti gli altri metalli alcalini presenti in quantità decisamente maggiori tra lo 0,1 e lo 0,3% (Ca, Na, K, Mg, ecc.) formando sali clorurati che andranno ad accumularsi principalmente nella carbonella vegetale in uscita dal reattore (costituendo i solidi totali della carbonella) ed in misura minore nella condensa prodotta all'uscita dal reattore [5];

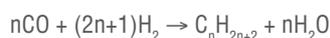
- polveri sottili: l'impianto a gassificazione di legna, che utilizza 12.000 tonnellate anno di cippato ed 8 cogeneratori da 125 kWe l'uno, ha una emissione di polveri compresa da 3 a qualche decina di camini aperti o stufe tradizionali, che utilizzano complessivamente da 60 a 120 volte meno legna dell'impianto in questione [6-11];
- metalli pesanti: in numerosi articoli viene riportato come i metalli pesanti presenti nella legna si concentrino e si trovino solamente nelle differenti frazioni solide (carbonella, fly ash, ecc.), mentre nessun metallo pesante finisce nel syngas [12-14];
- altri inquinanti: relativamente agli altri inquinanti emessi da un impianto che utilizza la cogenerazione, come NO_x, CO, SO_x e idrocarburi incombusti (HC), attraverso l'installazione di un buon sistema catalitico questi composti possono essere abbattuti fino a raggiungere valori inferiori o paragonabili a quelli delle emissioni degli autoveicoli che circolano nelle strade di tutta Italia. Confrontando i limiti di legge imposti dalla normativa sugli scarichi degli automezzi Euro V ed i limiti imposti dal decreto sulle rinnovabili non fotovoltaiche del 6 luglio 2012, in pratica l'impianto a gassificazione di legna ha le stesse emissioni di 4 SUV di 4.0 cc di cilindrata, o di 7 furgoni 3.0 cc di cilindrata oppure se preferite di 12 Punto 1.4 multijet; autoveicoli che circolano a centinaia nelle strade di tutta Italia.

Applicazioni alternative

L'impianto della GMP Bioenergy è modulabile in quanto è possibile far funzionare correttamente 2 linee su 4 senza alcun problema e possono essere realizzati impianti specifici con una linea di funzionamento o con 6 linee, o più, che lavorano in parallelo, ad esempio per generare gas sufficiente ad alimentare un motore più grande, rispetto ai 2 da 125 kWe utilizzati per l'impianto qui descritto, oppure per alimentare impianti di trasformazione del syngas prodotto.

Tra i possibili utilizzi del syngas si fa sempre più strada la progettazione e la realizzazione delle cosiddette "bio-raffinerie". Questi impianti attraverso l'utilizzo delle biomasse come tali (oli vegetali) o attraverso la produzione di biogas o syngas possono produrre intermedi di sicuro interesse.

Il biogas attraverso le reazioni di reforming o steam reforming del metano può essere utilizzato per la produzione di metanolo; mentre il syngas, attraverso la reazione di Fischer-Tropsch, si può portare alla produzione di bio-metanolo, bio-etanolo, benzine e diesel di origine organica:



Tab. 1 - Dati tecnici impianto di gassificazione

DATI GENERALI IMPIANTO	Potenza Impianto a Gassificazione di cippato di legno [kWe]				998
	Ore annue di funzionamento [h/anno]				7.500
	Potenza termica al focolare dell'Impianto [kWt]				3.866
ALIMENTAZIONE IMPIANTO	Cippato in ingresso all'impianto	Potere Calorifico [kW/kg]	Umidità [%]	Quantità [kg/h]	
		2,51	45	1.540 *a)	
ALIMENTAZIONE REATTORE	Cippato in ingresso al reattore	Potere Calorifico [kW/kg]	Umidità [%]	Pezzatura [mm]	Densità [kg/mc]
		4,87	<6	30-80	250-300
	Ossigeno liquido			Quantità [mc/h]	20-30 *b)
SYNGAS	Syngas in uscita dai 4 reattori con Composizione Media: H ₂ =22-24% CO=25-26% CH ₄ =5-6% C _n H _{n+2} =1-2% CO ₂ =18-19% N ₂ =30-32% O ₂ =0,1%	Potere Calorifico [kW/Nmc]	Densità [kg/Nmc]	Quantità [Nmc/h]	
		2,2	1,001	1.400	
CARBONE	pezzatura piccola mista a polvere	Potere Calorifico [kW/kg]	Densità [kg/mc]	Quantità [kg/h]	
		6,9	70-100	40-70	
SEZIONE DI POTENZA	n. 8 gruppi elettronici CURSOR-13 FPT da 124 kWe cadauno (1000 kWe totali)	Potenza Termica da Camicie/Pistoni [kWt]			900
		Potenza Termica da Fumi [kWt]			800
		Portata Fumi [Nmc/h]			6.000
		Temperatura Fumi [°C]			420
		Consumo di Gasolio [l/h]			8 *c)
		Consumo di UREA nel reattore SCR [l/h]			3,5 *d)

*a) pari a 10 autotreni alla settimana - *b) pari a 1 autotreno alla settimana - *c) pari a 1 autotreno ogni 4 mesi - *d) pari ad una mini botte da 5000 litri ogni 40 gg



Data la produzione di 1.400 Nmc/h divisa in 4 linee, di fatto l'impianto realizzato per la produzione di energia elettrica potrebbe essere utilizzato per produrre syngas, che, opportunamente pulito, servirebbe ad alimentare un impianto di Fischer-Tropsch, permettendo di trasformare ed accumulare l'energia prodotta dai reattori in più consoni composti organici di usuale uso e stoccaggio (bio-benzine e bio-diesel) [15, 16].

Conclusioni

Incentivi e scelte tecnologiche meno impattanti della combustione diretta delle biomasse lignocellulosiche, quali la gassificazione o la pirolisi, oltre alla fermentazione, per la produzione di syngas, biolio, biometano, etanolo, ecc., grazie a tecnologie che stanno uscendo dalle fasi sperimentali [3, 17] possono diventare delle eccezionali possibilità sia per la produzione di energia elettrica e termica distribuita, sia per la produzione di combustibili di origine naturale, come i biocarburanti.

La gassificazione da legna vergine può quindi diventare una delle risposte, dal punto di vista energetico, ambientale e sanitario, per ridurre la nostra dipendenza dalle fonti fossili, per utilizzare al meglio il nostro territorio e quindi inserire a pieno titolo le biomasse tra le fonti d'energia rinnovabile a basso impatto ambientale, a favore dell'intera umanità e dell'ambiente [18].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Dossier Stop Rinnovabili, Legambiente 24/11/2015.
- [2] Europa 2020, rapporto di Eurostat. <http://www.politicheeuropee.it/>
- [3] C.M. Van der Meijden, H.J. Veringa, L.P.L.M. Rabou, *Biomass and Bioenergy*, 2010, **34**(3), 302.
- [4] M. Livi, *Chimica e Industria*, 2014, **96**(2), 20.
- [5] H.K. Chagger *et al.*, *Applied Energy*, 1998, **60**, 101.
- [6] S. Ghafghazi *et al.*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, **15**, 3019.
- [7] V. Francescato, E. Antonini, La combustione del legno fattori di emissione e quadro normativo, Aiel (Associazione Italiana Energie Agroforestali).

- [8] Progetto APAT-ARPA Lombardia stima dei consumi di legna da ardere per riscaldamento ed uso domestico in Italia, 2008.
- [9] C. Pastorello *et al.*, *Atmospheric Environment*, 2011, **45**, 2869.
- [10] T. Nussbaumer *et al.*, 2008, Particulate Emissions from Biomass Combustion in IEA Countries. Survey on measurements and Emission Factors. On behalf of International Energy Agency (IEA) Bioenergy Task 32, Swiss Federal office of Energy (SFOE). ISBN 3-908705-18-5, www.ieabcc.nl or www.verenum.ch.
- [11] J. Brandin, M. Tunér, I. Odenbrand, Swedish Energy Agency Report. Small Scale Gasification: Gas Engine CHP for Biofuels, 2011.
- [12] P. Vervaeke *et al.*, *Biomass and Bioenergy*, 2006, **30**, 58.
- [13] D. Porbatzki *et al.*, *Biomass and Bioenergy*, 2011, **35**, S79.
- [14] R.S. Martin, S.E. Manahan, *Chemosphere*, 1998, **37**(3), 531.
- [15] J. Hu, F. Yu, Y. Lu, *Catalysts*, 2012, **2**, 303.
- [16] A. Faaij *et al.*, in Proc. of the Fifth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, D.J. Williams (Ed.), CSIRO Publishing, Collingwood, Australia, 2001, pp. 1145-1151.
- [17] A. Demirbas, *Energy Conversion and Management*, 2009, **50**(11), 2782.
- [18] W. Fleuren *et al.*, Opportunities for a 1,000 MWe biomass-fired power plant in the Netherlands, 2005, Greenpeace Netherlands and E.ON Benelux.



Gasification of Virgin Wood for the Production of Electricity and Heat

Renewable energies are often at the center of discussions, controversies and disputes, often because they are unable to assess the actual size of the small plants that could be realized, the real economic impact, social, environmental and public health and, ultimately, too often are used as instruments of political confrontation. In this article we will assess what are the actual emissions from plants using wood biomass that rise and rise a little everywhere.