

DESCRIZIONE TECNICA

La biomassa lignocellulosica, a differenza dei rifiuti, che contengono plastiche e materiali derivati dal petrolio, può essere considerata a pieno titolo una fonte di energia rinnovabile. Le biomasse possono essere utilizzate per la produzione di energia termica, elettrica o cogenerazione (termica ed elettrica assieme) mentre le tecnologie vengono distinte a seconda della quantità di ossigeno impiegato nella conversione termochimica: si parla di combustione e gassificazione in presenza di ossigeno, pirogassificazione in presenza parziale di ossigeno, e di pirolisi quando l'ossigeno è utilizzato esclusivamente per l'avvio della reazione.

Per la sola produzione di calore i sistemi di combustione possono avere taglia molto ridotta (stufe, cucine economiche), o superare i 100 MW di potenza installata, che utilizzano reti di teleriscaldamento per la distribuzione agli utenti finali. Se la biomassa si presenta sotto forma di cippato (scaglie di legno) le caldaie hanno un funzionamento automatizzato grazie ad appositi sistemi di alimentazione (spintori, coclee). La combustione avviene in caldaie dotate di griglie fisse o, più frequentemente, mobili. Quest'ultime sono utilizzate soprattutto in impianti medio-grandi e garantiscono migliori condizioni di combustione, facendo fronte alla tipica disomogeneità del combustibile lignocellulosico in pezzatura e umidità. Il funzionamento si basa sul movimento delle sezioni della griglia, costituite in barre in lega di acciaio, le quali determinano lo spostamento della biomassa lungo la griglia stessa e il progressivo essiccamento, sino alla completa combustione; le ceneri sono rimosse automaticamente dal movimento della griglia per un efficace controllo dello spessore del letto anche in condizioni di rammollimento e parziale fusione delle ceneri. Per la produzione di elettricità o la cogenerazione la biomassa viene bruciata utilizzando le tecnologie sopra descritte o impianti a letto fluido (di taglia maggiore). L'elettricità viene prodotta con turbine a vapore o cicli Rankine a fluido Organico (ORC) se si utilizzano normali caldaie di combustione. Nel caso di impianti a gassificazione l'energia elettrica viene prodotta da turbine a gas o motori a combustione interna e il calore generato può essere un prodotto utile dell'impianto (cogenerazione). Per la produzione di energia elettrica di grande taglia si utilizzano impianti convenzionali a vapor d'acqua a ciclo Rankine, mentre per centrali di taglia inferiore (<2 MWe) vengono preferiti i sistemi ORC, che lavorano con fluidi organici e hanno all'uscita della caldaia vapore saturo. Ciò rende più semplici gli impianti (mancanza surriscaldatore), e garantisce costi di gestione minori.

La gassificazione del legno è uno dei processi che negli ultimi anni è stato oggetto di rinnovato interesse e innovazione tecnologica. Il processo converte rapidamente un combustibile solido (biomassa) in un combustibile gassoso, costituito principalmente da idrogeno, metano e monossido di carbonio che può essere utilizzato quale combustibile in turbine a gas, motori endotermici o fuel cell, permettendo la produzione di energia elettrica termica o biocarburanti (attraverso processi di sintesi) [8].

I gassificatori possono essere a letto fluido o a letto fisso. Questi ultimi si dividono inoltre in: - updraft - downdraft - cross current (crossdraft) - open core. Nel updraft o a tiraggio superiore (detti anche a controcorrente) il gas sale mentre il combustibile scende verso il basso. La biomassa è essiccata ad opera del gas di sintesi caldo ascendente, mentre il combustibile solido è pirolizzato e produce un char che continua il suo moto verso la parte bassa del reattore per essere gassificato; i vapori di pirolisi sono trascinati verso l'alto dal gas di sintesi. Il gas combustibile prodotto contiene una frazione relativamente alta di tars e idrocarburi che gli conferiscono un elevato potere calorifico. I vantaggi principali dei gassificatori updraft sono la relativa semplicità costruttiva e l'alta efficienza termica grazie al calore recuperato dal gas di sintesi per l'essiccazione e la pirolisi della biomassa prima che questa entri nella zona di gassificazione. Pur avendo elevate efficienze di conversione i gassificatori up draft producono un syngas con un elevato contenuto di catrami (tar) che rendono difficile l'utilizzo diretto e richiedono forti sforzi per la sua pulizia e renderlo conforme alle caratteristiche richieste dagli utilizzatori finali.

Nel downdraft o a tiraggio inferiore (detti anche a equicorrente) sia l'ossidante che il combustibile scendono verso la parte bassa del gassificatore attraverso un letto di solidi a pacco, supportati da una strizione Venturi del reattore detta gola o diavolo, dove avviene la maggior parte delle reazioni di gassificazione. Ciò consente alte conversioni dei prodotti di pirolisi e quindi un basso contenuto di tar nel gas combustibile di sintesi. La particolare configurazione minimizza la percentuale di tar nel gas prodotto. I gassificatori di questo tipo sono relativamente semplici e molto diffusi. A causa del basso contenuto di tar nel gas di sintesi si prestano bene ad essere usati per la produzione di energia elettrica di piccola taglia con motori a combustione interna o microturbine. Il funzionamento dei gassificatori a letto fisso crossdraft è simile a quello degli updraft ma il combustibile si muove verso il basso mentre l'ossidante è immesso trasversalmente. L'Open core si presenta come una variante del downdraft senza gola per biomasse con alto contenuto di cenere che viene continuamente rimossa dalla grata.

I gassificatori a letto fluido si suddividono in letto bollente, letto circolante, letto pressurizzato. Nel gassificatore a letto bollente sono presenti due fasi: una fluida nella parte inferiore e una gassosa nella parte superiore del gassificatore. In quello a letto circolante la miscela bifase gas/solido non è stratificata in due fasi di densità nettamente diversa, ma si ha un progressivo incremento della fase gassosa salendo verso l'alto; il gas che esce dal reattore deve essere separato dalle particelle solide trasportate dal flusso, le quali sono poi reinserite nel reattore. I gassificatori a letto pressurizzato hanno la caratteristica di operare in atmosfera pressurizzata, al contrario dei precedenti in cui si mantiene la pressione atmosferica [4].

Recentemente sono stati anche proposti una serie di gassificatori innovativi multistage con l'obiettivo di separare le varie reazioni che avvengono nel processo, in particolare essiccazione, pirolisi e gassificazioni, ciò permette di rendere l'impianto molto più versatile e flessibile sia per tipologia di biomassa che per caratteristiche (umidità pezzatura ecc). Le varie sezioni hanno l'obiettivo

di generare char che viene gassificato nella sezione finale, ciò permette di realizzare una sorta di pretrattamento a monte del gassificatore generando del carbonio da gassificare nella sezione finale e producendo un syngas con minori catrami.

La conversione termochimica di biomasse in assenza o limitata presenza di ossigeno è definita pirolisi o piroschissione. Rispetto alla tecnologia di gassificazione, la pirolisi e pirogassificazione si caratterizzano per una resa più elevata in residuo carbonioso solido (char o biochar). Quest'ultimo è una matrice ad elevato contenuto di carbonio ed è altamente recalcitrante alla degradazione. Negli ultimi anni l'utilizzo di questa matrice come ammendante in agricoltura ha destato grande interesse come strategia di mitigazione dei cambiamenti climatici, in quanto in grado di coniugare la produzione di calore e di energia elettrica a partire da fonti rinnovabili, e il sequestro di carbonio organico nei suoli.

Le tecnologie di pirolisi si differenziano sulla base del tempo di processo (da alcune ore a pochi secondi) e della temperatura di esercizio. Si distinguono Slow pyrolysis (400 °C - 650 °C) Fast pyrolysis (650 °C - 850 °C) e PyroGasification (900 °C - 1100 °C). I diversi processi forniscono rese diverse in termini di biochar prodotto e biochar con caratteristiche differenti.

Oltre alla produzione di energia e al sequestro di carbonio, l'uso del biochar come ammendante dei suoli ha un grande interesse agronomico, la letteratura scientifica su questo tema ha ampiamente dimostrato che l'applicazione di biochar al suolo: migliora le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche con un aumento medio delle rese agricole pari al 10% [9], riducendo il loro fabbisogno idrico [1].

L'utilizzo del biochar in agricoltura è stato recentemente normato in Italia con il suo inserimento nella lista degli ammendanti (Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n°186 del 12-8-2015). La legge definisce le caratteristiche delle biomasse utilizzabili per la produzione di biochar e le specifiche chimiche e fisiche del prodotto finale.

STATO DI AVANZAMENTO

Internazionale

In ambito europeo (EU28) sono stati censiti 3696 impianti a biomassa (cippato di legno). Di questi il 75% sono impianti per la sola produzione di calore, 21% per la cogenerazione e soltanto il 3% centrali elettriche. In termini di numero di impianti spiccano Francia (oltre 600), Austria (oltre 550), Germania e Finlandia (oltre 470) e Svezia (oltre 310). La taglia media degli impianti è fortemente legata al tipo di energia prodotta: i sistemi termici si attestano sui 5 MW, poiché devono essere dimensionati in modo tale da scaldare in modo capillare centri abitati di taglia medio-piccola. I sistemi di cogenerazione, in media di 45 MW, sono in genere al servizio di città attraverso una rete di teleriscaldamento molto estesa, complessa e costosa. In altri casi questi sono associati a industrie con alto fabbisogno di energia termica/vapore, come le cartiere. Le centrali elettriche hanno una taglia media di 56 MW [1].

Nazionale

Il censimento dei Comuni Rinnovabili 2015 di Legambiente dichiara che gli impianti a biomassa solida sono presenti su 1733 comuni, per una potenza installata totale di 1.131 MW termici, 942.3 MW elettrici e 350 kW frigoriferi [11]. A questi vanno aggiunti oltre 2 milioni di impianti domestici a biomassa di tipo moderno e con elevata efficienza alimentati a legna, cippato o pellet (la stima del numero di impianti è estremamente difficile). Nella tabella seguente si riportano i primi dieci comuni per potenza termica installata (nel caso di Strongoli da imputarsi a due centrali elettriche). Ad esclusione degli impianti di Brunico, Fiera di Primiero e Tirano che utilizzano il calore prodotto, tutti gli altri impianti dissipano l'energia termica senza alcun utilizzo riducendo drasticamente l'efficienza energetica complessiva (ovvero il rapporto tra energia utile prodotta e l'energia contenuta nel combustibile).

Le tecnologie di pirolisi, secondo una proiezione realizzata dall'Associazione Italiana Biochar (ICHAR) raggiungono al 2016 una potenza installata pari a 32.000 kW in circa 100 impianti con un fabbisogno di biomassa superiore alle 200kt di sostanza secca.

Provincia	Comune	MWe	MWt
KR	Strongoli	46	130
KR	Crotone	21	70
BZ	Silandro	2,4	60
KR	Cutro	16,5	50
CS	Rende	15	47
VC	Crove	14,4	33
BZ	Brunico	0,99	31
TN	Fiera di Primiero	0,99	22
SO	Tirano	2	21,3
CN	Verzuolo	5,9	19

TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL)

Tecnologia di conversione energetica della biomassa	TRL
Combustione diretta (calore)	9
Combustione diretta (vapore per potenza o cogenerazione)	9
Combustione diretta (ORC per potenza o cogenerazione)	9
Gassificazione grande taglia (letto fluido)	9
Gassificazione taglia medio piccola	7-8
Pirolisi	7-8

RELAZIONE CON LE FONTI ENERGETICHE

Biomasse lignocellulosiche vergini (ovvero che abbiano subito soltanto trattamenti e trasformazioni di tipo fisico/meccanico ma non chimici).

Le principali fonti di biomassa lignocellulosica sono:

- Residui forestali
- Residui di prima lavorazione del legno (segherie)
- Residui agricoli
- Manutenzione di alvei fluviali, alberature fuori foresta, verde urbano
- Colture energetiche

Da notare la competizione tra l'uso energetico della biomassa legnosa e quello industriale (pannelli, carta) che si contendono la stessa materia prima.

Il Biochar è prodotto a seguito di processi di pirolisi e gassificazione a carico di prodotti e residui di origine vegetale provenienti dall'agricoltura e dalla selvicoltura, oltre che di sanse di oliva, vinacce, cruscamì, noccioli e gusci di frutta, cascami non trattati della lavorazione del legno, in quanto sottoprodotti di attività connesse.

Requisiti fondamentali: 1) la tracciabilità della biomassa 2) l'assenza di materiali e/o elementi inquinanti.

VERSATILITÀ (CAPACITÀ DI IMPATTARE SU PIÙ SETTORI)

- Gestione delle biomasse agricole residuali e aumento di competitività dei prodotti agricoli principali, grazie al minor costo di gestione
- Gestione dei residui legnosi boschivi e aumento di competitività dei prodotti forestali principali, grazie al minor costo di gestione
- Un mercato attivo della biomassa consente di ampliare il ventaglio di offerta dei prodotti di aziende agroforestali, ad esempio con l'introduzione di colture da energia in aree marginali
- Miglioramento delle proprietà agronomiche dei suoli con aumento delle rese agricole fino al 10% [10] attraverso l'uso del biochar
- Sequestro di carbonio organico nei suoli (biochar)
- Fitorimediazione di suoli contaminati o salini e riutilizzo di acque di irrigazione saline (biochar).

POTENZIALE DI DIFFUSIONE IN AMBITO NAZIONALE

In Italia il potenziale di residui legnosi non ancora utilizzati è molto ampio. L'ENEA [5] stima che il settore agricolo produca annualmente 4 milioni di tonnellate di residui (non utilizzati). Questi vengono generati dalla gestione di frutteti, oliveti e vigneti (potature ed espunti). Il settore forestale, il cui utilizzo per fini energetici è più affermato, può contribuire ancora con circa 2,5 milioni di tonnellate annue. Questi valori, se ricondotti in energia potenzialmente disponibile restituiscono circa 19 TW di energia termica disponibile annualmente.

L'uso migliore delle biomasse nel nostro paese riguarda impianti di piccola-media taglia, ben localizzati in modo da minimizzare il

bacino di approvvigionamento del combustibile (trasporto della biomassa). I sistemi di teleriscaldamento (solo calore) garantiscono la massima efficienza energetica. I sistemi di cogenerazione, anche se collegati a una rete di utenze per l'utilizzo del calore, hanno inevitabilmente un'efficienza complessiva bassa: infatti la centrale è in funzione anche nelle stagioni in cui non vi è domanda di calore, che quindi va dissipato senza uso. Diverso è il caso di impianti cogenerativi legati a industrie, che assorbono il calore tutto l'anno.

Impianti ben progettati e dimensionati, se alimentati da biomassa prodotta localmente, portano ricadute positive sul territorio migliorando l'economia delle attività agricole e forestali.

IMPATTO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

In linea di principio la CO₂ emessa durante la combustione viene fissata dalle piante nel loro accrescimento. In realtà la bioenergia non è "CO₂ neutral", sia perché l'utilizzo di legno diminuisce temporaneamente la quantità di CO₂ fissata nelle specie arboree che impiegherà del tempo per essere recuperata, sia perché nella filiera produttiva sono utilizzati combustibili fossili per la produzione degli impianti (valido per tutte le RES) nonché per la produzione e trasporto del combustibile.

Le analisi di tipo LCA (Life Cycle Analysis) mostrano che in termini di CO₂ l'uso delle biomasse determina un impatto di almeno un ordine di grandezza inferiore a quello generato dai combustibili fossili (carbone e gas) a parità di energia prodotta. A livello di impatto locale (NO_x, particolato, composti organici volatili) con le attuali tecnologie si osservano al contrario indici di emissione prossimi o anche superiori a quelli dei combustibili fossili [12]. L'utilizzo di adeguati sistemi di abbattimento dei fumi consente di abbattere gli inquinanti in maniera efficace, particolarmente negli impianti di taglia medio-grande [17].

Le strategie basate sulla pirolisi delle biomasse e il successivo interrimento del biochar sono state definite tra le più efficienti Negative Emission Technologies (NETs), nel mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, in quanto in grado di sottrarre carbonio dal ciclo di breve periodo degli ecosistemi agricoli o forestali, e inserirlo in uno di lungo periodo aumentando gli stock di carbonio organico del suolo con una matrice avente un mean residence time che è stato valutato tra le centinaia e le migliaia di anni (Smith, 2016). Il biochar può essere usato per il fitorimedio dei suoli inquinati o salini. Prove sperimentali indicano un aumento degli ecosystem services del suolo e della biodiversità in seguito all'ammendamento con biochar [3].

Emissioni CO₂/MWh

La CO₂ emessa sul ciclo di vita per l'utilizzo energetico della biomassa è variabile, ma indicativamente si può assumere un valore di 0,1 tCO₂/MWh [14].

Emissioni CO₂/MWh evitate

Le strategie basate sulla pirolisi e successivo interrimento del biochar sono state definite tra le più efficienti Negative Emission Technologies (NETs) in quanto in grado di sottrarre il carbonio dal ciclo di breve periodo degli ecosistemi agricoli o forestali, e inserirlo in uno di lungo periodo aumentando gli stock di carbonio organico con una sostanza avente un mean residence time che è stato valutato tra le centinaia e le migliaia di anni [16]. Se implementato a scala globale il potenziale di mitigazione legato a questa strategia è stato valutato in grado di controbilanciare fino al 12% delle emissioni antropogeniche [19].

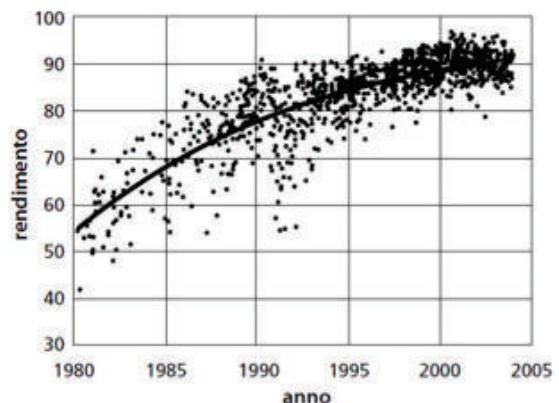
EFFICIENZA, TEMPO DI VITA E RENDIMENTO PREVISTI

Il rendimento energetico degli impianti a biomassa ha avuto un grande sviluppo negli ultimi trenta anni.

L'efficienza energetica si attesta al di sopra dell'80% anche per gli impianti di piccola taglia che adottino tecnologie di controllo della combustione.

In sistemi di cogenerazione il rendimento elettrico arriva sino al 20% e il termico fino a 60% (a seconda della tecnologia e di quale sia il tipo di energia prioritario). Impianti di gassificazione di piccola taglia hanno rendimenti inferiori poiché parte dell'energia viene utilizzata per alimentare il processo.

La vita utile degli impianti di combustione e cogenerazione (vapore e ORC) è superiore ai 15 anni. Per impianti di gassificazione la vita utile si attesta attorno a 8-10 anni per quanto la tecnologia stia rapidamente maturando.



Andamento del rendimento delle caldaie a biomassa di piccola taglia (uso domestico) per la generazione di calore secondo i rilievi di certificazione del BLT (Austria) [18].

PAYBACK TECNOLOGICO, DI INVESTIMENTO E DI OPERATION AND MAINTENANCE PREVISTO

Gli impianti di riscaldamento e teleriscaldamento (solo calore) alimentati a cippato di legno hanno un payback di circa 4 anni (senza finanziamenti pubblici) [6]. Nel caso di impianti con rete di teleriscaldamento per la distribuzione del calore, questa pesa per circa il 35-55% dell'investimento e va attentamente pianificata.

I principali elementi che pesano sul tempo di ritorno dell'investimento sono:

- Il carico termico sulla rete di teleriscaldamento (almeno 800 kWh/metro lineare)
- Utilizzo annuale della rete di teleriscaldamento e degli impianti di cogenerazione di almeno il 75%
- Adeguato dimensionamento del carico base e di picco.

A causa del maggior costo di investimento e di gestione il tempo di ritorno di impianti di cogenerazione è maggiore e dipendono in larga misura dagli incentivi pubblici per la loro sostenibilità.

PRINCIPALI OSTACOLI ALLO SVILUPPO

- Un limite importante della biomassa combustibile è rappresentato dalla minore densità energetica rispetto ai combustibili tradizionali di origine fossile. Nel caso del legno, infatti, sono necessari fino a 5 m³ di legno per sostituire 1 m³ di combustibile tradizionale. La bassa densità energetica rende cruciali le operazioni di approvvigionamento, che diventano particolarmente onerose negli impianti di taglia medio-grande (potenza nominale superiore ad 1 MWe). Da qui la ricerca di soluzioni innovative che consentano la produzione di energia elettrica in piccoli impianti, molto più semplici da approvvigionare con risorse locali (filiera corta)
- La mancanza di una rete di professionisti capaci di progettare e installare in maniera adeguata è la principale causa di insuccesso tra gli impianti esistenti. Tali errori si manifestano in ogni fase, dalla scelta del luogo idoneo per un'installazione, il dimensionamento, sino agli aspetti gestionali (es. accumulatori inadeguati, depositi di combustibile difficilmente accessibili)
- Il sistema legislativo limita talvolta l'uso di residui agricoli vergini, trattati comunque come rifiuti speciali.

POTENZIALITÀ DI SVILUPPO TECNOLOGICO IN AMBITO NAZIONALE E IMPATTO SUL PIL

La combustione della biomassa è una tecnologia relativamente matura. Gli sviluppi principali si orientano verso i sistemi di cogenerazione di piccola taglia (piro-gassificatori) e i sistemi di abbattimento dei fumi. Merita di essere citata il mercato delle stufe a pellet di legno, in cui i produttori italiani sono particolarmente attivi.

Lo sviluppo delle filiere di pirolisi-biochar è relativamente giovane e l'utilizzo del biochar in agricoltura è stato normato nel 2015 con il suo inserimento nella lista degli ammendanti ammessi in agricoltura (Gazzetta Ufficiale, Serie Generale n°186 del 12-8-2015). A valle di questa approvazione numerosi impianti di pirolisi e pirogassificazione realizzati sul territorio nazionale esclusivamente ai fini della produzione energetica stanno ricollocando la propria ragione produttiva diventando anche produttori di fertilizzanti.

A livello globale la crescita del mercato del biochar è stata stimata di oltre il 17% nel periodo 2015-2023 [19].

POTENZIALITÀ DI ESPORTAZIONE DELLA TECNOLOGIA

L'Italia è in grado di esportare alcune eccellenze tecnologiche nel settore, come i sistemi a ciclo ORC della Turboden.

Tuttavia una voce importante delle esportazione nel settore sono gli impianti a contenuto tecnologico relativamente ridotto ma affermati per il design (stufe per ambiente).

POSSIBILI RICADUTE PER IL SISTEMA INDUSTRIALE, DEI TRASPORTI, RESIDENZIALE E NEL TERZIARIO

La bioenergia può avere un impatto diretto nei seguenti settori:

- Industrie con richiesta di calore di processo
- Residenziale e turistico.

MAGGIORI ATTORI ITALIANI COINVOLTI

Utilizzo della tecnologia

- Aziende agricole
- ESCO
- Gruppi industriali per la produzione di energia elettrica
- Industrie con alto consumo di energia termica (es. settore alimentare)
- Enti pubblici (per autoconsumo o fornitura di servizio)
- Consorzi di produttori e proprietari forestali
- Settore alberghiero (riscaldamento)
- Aziende florovivaistiche (riscaldamento serre, integrazione di biochar nel substrato)
- Produttori di fertilizzanti ed ammendanti
- FIPER - Federazione Italiana Produttori Energia da Fonti Rinnovabili. Riunisce i gestori di impianti di teleriscaldamento a biomassa legnosa
- AIEL- Associazione italiana Energie agroforestali
- ICHAR - Associazione Italiana Biochar.

Sviluppo della tecnologia

- Pezzolato – industria di cippatori per la produzione di combustibile legnoso e costruzione impianti di gassificazione di piccola taglia
- UNICONFORT – industria di caldaie a biomassa
- Turboden - Costruzione di turbogeneratori di tipo Rankine a Fluido Organico
- RE-CORD - Renewable Energy Consortium for Research and Demonstration
- Walter Tosto, ESPE, EMETA.

Turboden ha partecipato a innovativi progetti di ricerca: Turbogeneratore Organic Rankine Cycle - valorizzazione del prodotto (finanziato a livello nazionale per 2,5 mil. di euro) per l'innovazione della componentistica dell'unità; progetto pilota H-REII finanziato da CE per audit energetici delle società italiane. L'audit identifica il potenziale di recupero di calore utilizzando le unità ORC. Lo sviluppo di filiere basate sul binomio pirolisi-biochar è in crescita in Italia e coinvolge aziende agricole e florovivaistiche (sia come produttori di biomassa che come utilizzatori di biochar), produttori di impianti, e produttori di fertilizzanti.

ECCELLENZE IN TERRITORIO NAZIONALE

- **Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Energetica:** studi sui sistemi di combustione e trasformazione della biomassa lignocellulosica
- **Centro di Ricerca Interuniversitario sulle Biomasse di Energia (CRIBE):** produzione/conservazione delle biomasse da energia, tecnologie e impianti per la trasformazione e utilizzazione
- **ENEA:** caratterizzazione biomasse e correnti di processo, sviluppo processi e tecnologie innovative di conversione, test materiali avanzati, sviluppo atlante Biomasse
- **CNR:** Biochar e produzione e approvvigionamento di biomassa combustibile
- **Associazione Italiana Biochar (ICHAR):** ricerche su biochar con CNR, Università (di Perugia, Udine, Bologna, Bolzano ecc.) e altri Enti, in numerosi settori agronomico, caratterizzazione dei materiali, processi produttivi.

BEST PRACTICES

La centrale termica di Tirano, entrata in esercizio nel 2000, con 20 MW di potenza termica e 1,1 MW di potenza elettrica, è stata la prima centrale italiana ad ottenere una certificazione energetica internazionale.

Grazie a questo impianto di teleriscaldamento si evita il consumo di 6 milioni di litri di gasolio l'anno, risparmiando oltre 15 mila tonnellate di CO₂ /anno.

La centrale è composta da due caldaie da 6 MW e una da 8 MW. Questa centrale ha un risultato energetico per il 18% elettrico e 82% termico, i 60 mila quintali annui di biomassa che alimentano la centrale provengono dal materiale di scarto di due segherie locali e da altre segherie situate in Valtellina e in Val Camonica. Sono formati da cippato, corteccia, segatura e trucioli di legno e vengono consegnati alla centrale settimanalmente. Parte del combustibile proviene dalla manutenzione dei boschi Valtellinesi, Valle Camonica ed Engadina, dalla manutenzione del verde urbano e dalle potature dei vigneti.

Per quanto riguarda l'implementazione di una strategia integrata di pirolisi e utilizzo del biochar si riportano gli esempi della città di Stoccolma per il riutilizzo dei residui del verde urbano [7].



Gassificatore three stages – CR ENEA Trisaia



La centrale di Tirano (Fonte <http://tcvvv.it/le-centrali/tirano>)



Impianto di gassificazione a letto fisso del CR ENEA Trisaia(Fonte ENEA)

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] AEBIOM. European Bioenergy Outlook (2015)
- [2] Baronti, S., Vaccari, F. P., Miglietta, F., Calzolari, C., Lugato, E., Orlandini, S., ... & Genesio, L. (2014). Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L.). *European Journal of Agronomy*, 53, 38-44.
- [3] Beesley, L., Moreno-Jiménez, E., Gomez-Eyles, J. L., Harris, E., Robinson, B., & Sizmur, T. (2011). A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. *Environmental pollution*, 159(12), 3269-3282.
- [4] Compaore S., "Motori a combustione interna e turbine a gas di piccola taglia per gas di sintesi", Tesi di Laurea Triennale Università degli Studi di Padova – Facoltà di Ingegneria, 2012.
- [5] ENEA (2009) Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS. Report RSE/2009/167, pp140 (http://old.enea.it/attivita_ricerca/energia/sistema_elettrico/Censimento_biomasse/RSE167.pdf).
- [6] Fagarazzi C., Tirinnanzi A., Cozzi M., Di Napoli F., Romano S. (2014). The Forest Energy Chain in Tuscany: Economic Feasibility and Environmental Effects of Two Types of Biomass District Heating Plant. *Energies*, 7, 5899-5921
- [7] <http://international.stockholm.se/news/2014/09/MayorsChallenge/>
- [8] <https://www.reportbuyer.com/product/3605413/global-biochar-market-size-share-development-growth-and-demand-forecast-to-2023-industry-insights-by-application-gardening-agriculture-household-feedstock-agriculture-waste-forestry-waste-animal-manure-biomass-plantation-technology-microw.html>
- [9] Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., Van Der Velde, M., Bastos, A.C., 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 144 (1), 175–187.
- [10] Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., Van Der Velde, M., Bastos, A.C., 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 144 (1), 175–187.
- [11] Legambiente. Comuni Rinnovabili (2015)
- [12] Monografia Costi Energia (RSE) – 2014
- [13] Nati C., Spinelli R., Lupi B., "Energia elettrica e termica dalla gassificazione del legno". *Terra e Vita* n. 18, 2013
- [14] NREL http://www.nrel.gov/analysis/sustain_lca_bio.html
- [15] Smith P (2016) Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 22, 1315–1324, doi:10.1111/gcb.13178.
- [16] Smith P (2016) Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 22, 1315–1324, doi:10.1111/gcb.13178
- [17] Van Loo S. e Koppejan J. (2010) *The handbook of biomass combustion & co-firing*. London, pp. 442
- [18] Veneto Agricoltura 2010, *La combustione del legno*
- [19] Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F.A., Lehmann, J., Joseph, S., 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nat. Commun.* 1, 56