

***Raccolta informazioni  
relative alle buone prassi in  
ambito dell'utilizzo della  
biomassa in Regione Liguria***

# **PROGETTO BIOMASS**

Nome identificativo del documento	Data	Pagine
Relazione Progetto Biomass TPG-Unige	28/09/2009	43

 <small>MINISTERO DELL'AGRICOLTURA, FORESTAZIONE E ALIMENTAZIONE</small> <small>il sviluppo regionale</small> <small>development regional</small>	<b>PROGETTO BIOMASS</b>	 <small>energia che cresce</small> <small>énergie qui croît</small>	Page: 1 of 43
<b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b>			Date: 28/09/2009
 <b>Università' degli Studi Di Genova</b>		 <b>Thermochemical Power Group</b>	

## INTRODUZIONE

Il presente documento riassume lo stato dell'arte ligure in merito all'utilizzo delle biomasse forestali a fini energetici secondo le schede di rilevamento predisposte dall'Ente di Ricerca, individuato dalla Provincia di Lucca, in qualità di capofila del progetto BIOMASS (Raccolta delle buone prassi a livello regionale).

In particolare vengono descritti:

- impianti esistenti (localizzazione, dimensioni, caratteristiche);
- progetti pilota e ricerche realizzate;
- sistemi e protocolli di misurazione di impianti già esistenti;
- sistemi di valutazione economico e ambientale di impianti già esistenti;
- stato dell'arte tecnologico;
- normativa regionale in tema di energia.

## ALLEGATI:

- ✓ *Impianti.pdf*: impianti esistenti e futuri sul territorio ligure;
- ✓ *Relazione Monitoraggio Valle Stura 2007\_2008.pdf*;
- ✓ *Relazione Monitoraggio Valle Stura 2008\_2009.pdf (I e II parte)*.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>2 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Università' degli Studi Di Genova</p>		 <p>Thermochemical Power Group</p>	

## 1.0 IMPIANTI ESISTENTI

Gli impianti a biomassa presenti sul territorio ligure nel 2009 sono costituiti dai soli tre impianti di teleriscaldamento a cippato forestale del Progetto Valle Stura: Campo Ligure, Masone e Rossiglione (GE).

L'impianto di **Campo Ligure** (in funzione dal 2005) è costituito da una caldaia Uniconfort ad acqua calda della potenza nominale di 700 kW termici; la rete di teleriscaldamento ha una lunghezza complessiva di 800 metri circa; le utenze asservite sono 3 per un totale di 5 sottostazioni:

- Municipio;
- Scuola Media (Istituto Rosselli);
- Palazzetto dello sport (3 sottostazioni).

Dalla stagione di riscaldamento 2008-2009 è stata allacciata alla rete di teleriscaldamento la prima utenza privata, un condominio costituito da 70 unità abitative serviti da una caldaia a metano con potenza di targa di 990 kW.

L'impianto di **Rossiglione** (in funzione dal 2005) è costituito da una caldaia Uniconfort ad acqua calda della potenza nominale di 1200 kW termici circa; la rete di teleriscaldamento ha una lunghezza complessiva di 1500 metri circa; le utenze asservite sono 4 (4 sottostazioni):

- Municipio-Cinema;
- Scuola Media;
- Croce Rossa Italiana;
- Ospedale Barigione;

L'impianto di **Masone** (in funzione dalla futura stagione di riscaldamento) è costituito da una caldaia GEM ad acqua calda della potenza nominale di 1100 kW termici circa; la rete di teleriscaldamento ha una lunghezza complessiva di 400 metri circa; le utenze asservite sono 4 (4 sottostazioni):

- Municipio
- Casa di riposo (Opera Pia Macciò)
- Cinema (Opera Monsignor Macciò)
- Canonica

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>3 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Università' degli Studi Di Genova</p>		 <p>Thermochemical Power Group</p>	

La fotografia relativa agli impianti a biomassa che saranno presenti e funzionanti nel 2013 risulta difficile da definire con precisione soprattutto a causa delle varie vicissitudini che hanno subito precedenti progetti in fase di iter autorizzativo e/o di realizzazione.

Ciò nonostante si possono prevedere con buona probabilità i seguenti impianti:

- Impianto cogenerativo a biomassa forestale da 3,0 MWel presso **Pieve di Teco** (IM): è stato autorizzato da circa due anni ed è in fase di costruzione anche se ci sono stati degli episodi che ne hanno bloccato le attività realizzative;
- Impianto cogenerativo a biomassa forestale da 2,9 MWel presso **Bevera** (IM): in fase di realizzazione;
- Impianto cogenerativo a biomassa forestale da 1,0 MWel presumibilmente presso **Santo Stefano o Borghetto Vara** (SP): in fase di progettazione;
- Impianto cogenerativo di codigestione anaerobica della canna comune e dei reflui zootecnici da 420 kWel presso **Sarzana** (SP): in fase di progettazione;
- Impianto cogenerativo a biomassa forestale da 3,0 MWel presso **Massimino** (SV). In fase di progettazione;
- Impianto cogenerativo a biomassa forestale da 0,7 kWel presso **Cicagna** (GE): in fase di progettazione.

Esistono poi ulteriori iniziative già progettate che hanno ricevuto parere negativo in fase autorizzativa; si presume che possano essere ripresentate in forma conforme al piano energetico regionale ed ai criteri di sostenibilità ambientale del territorio; ad ogni modo non potranno essere iniziative concrete e funzionanti nel vicino 2013.

- Centrale cogenerativa a biomasse forestali di Mallare (SV);
- Centrale cogenerativa ad olio vegetale di Busalla (GE);
- Centrale cogenerativa a biomasse forestali di Cairo Montenotte (SV);

Nelle pagine seguenti vengono riportate alcune schede riassuntive circa i progetti di futura realizzazione (2012) per i quali è già stata ultimata la progettazione o per i quali è già stato aperto il cantiere.

Vengono anche riportate le schede per gli impianti di possibile realizzazione sopra citati (negli anni successivi al 2012 e previa modifica progettuale) per i quali le notizie sono molto approssimative.

	<b>PROGETTO BIOMASS</b>	<i>Page</i>	4 of 43
<b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b>		<i>Date:</i>	28/09/2009
 <b>Universita' degli Studi Di Genova</b>		 <b>Thermochemical Power Group</b>	

## CENTRALE A BIOMASSE FORESTALI IN PIEVE DI TECO (IM) – IN REALIZZAZIONE

### DATI GENERALI

- **Proponente:** Comunità Montana Alta Valle Arroscia (CMAVA)
- **Numero di pratica:** 321
- **Tipologia di VIA:** No procedura di VIA con prescrizioni – Screening Regionale;
- **Stato:** Parere favorevole CdS (26 Ottobre 2006)

### DATI TECNICI

- **Potenza elettrica nominale:** 3,0 MWeI (esercito a 1,73 MWeI);
- **Potenza termica:** 12,9 MWth (esercito a 10,5 MWth);
- **Tipologia di combustibile:** biomassa forestale;
- **Portata annuale di combustibile:** 28.000 t;
- **Provenienza combustibile:** locale;
- **Ore di funzionamento:** 7100 h/a;
- **Funzionamento in assetto cogenerativo:** fino alla potenza di 4,95 MWth netti alla rete di teleriscaldamento che è destinata inizialmente ad utenze di tipo pubblico;
- **Area di insediamento:** industriale;
- **Estensione area impianto:** n.d.;
- **Tensione dell'energia generata:** 15 kV.;
- **Tecnologia impiantistica:** Ciclo Rankine;
- **Descrizione impianto:** L'impianto cogenerativo è costituito da parco legno, cippatura, forno a griglia mobile, filtrazione e scarico fumi, scambiatore a olio diatermico, turbina a vapore, rete di teleriscaldamento ad acqua, sistema di raffreddamento, fabbricato uffici, cabina elettrica. Il gruppo elettrogeno di avviamento ed emergenza (back up) è a gasolio.

L'impianto ha una sezione combustione con potenza termica al focolare di 12,9 MWt (potenza di targa). Sarà però esercito ad una potenza al focolare nominale di 10,5 MWt, potendo così fruire di un impianto robusto e flessibile, in grado di fronteggiare tempestivamente eventuali variazioni di carico del sistema dovute a situazioni transitorie quali un aumento repentino del carico di teleriscaldamento o una variazione improvvisa delle caratteristiche della biomassa immessa, etc..

I dati di targa del turbogeneratore sono di 3 MWe lordi (2,65 MWe al netto dei 0,35 MWe di consumi ausiliari di centrale).



Universita' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group

## CENTRALE A BIOMASSE IN BEVERA FORESTALI – VENTIMIGLIA (IM) – IN REALIZZAZIONE

### DATI GENERALI

- **Proponente:** Energy Green
- **Numero di pratica:** 309
- **Tipologia di VIA:** No procedura di VIA con prescrizioni – Screening Regionale;
- **Stato:** Parere negativo CdS (5 Luglio 2006)

### DATI TECNICI

- **Potenza elettrica nominale:** 2,9 MWeI;
- **Potenza termica:** 14,23 MWth;
- **Tipologia di combustibile:** biomassa forestale;
- **Portata annuale di combustibile:** 35.200 t;
- **Provenienza combustibile:** locale;
- **Ore di funzionamento:** 7500 h/anno;
- **Funzionamento in assetto cogenerativo:** non specificata;
- **Area di insediamento:** industriale;
- **Estensione area impianto:** 0,828 ha;
- **Tensione dell'energia generata:** 15 kV;
- **Tecnologia impiantistica:** Ciclo Rankine;

**Descrizione impianto:** La caldaia è del tipo a griglia mobile, due bruciatori da 7,115 MW l'uno, da gestirsi con eccesso d'aria e tempi di permanenza lunghi allo scopo di garantire l'ossidazione ottimale e quindi la combustione completa.

È inoltre previsto il ricircolo di una cospicua parte dei gas combusti, ai fini di cui sopra e per contenere le emissioni di NOx. Il circuito combustione e fumi è in depressione per annullare qualsiasi possibilità di fuoriuscita di prodotti di combustione. Il sistema di pulizia del forno è automatico. Il calore alimenta un generatore di vapore e quindi una turbina con potenza 2,900 MW, raffreddata ad aria. Per l'accensione e il preriscaldamento viene utilizzato gasolio mediante un sistema ausiliario.



Universita' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group

## CENTRALE A BIOMASSE FORESTALI IN CICAGNA (GE) – IN PROGETTAZIONE

### DATI GENERALI

- **Proponente:** Energia Nova s.r.l.
- **Numero di pratica:** ancora in fase di progettazione definitiva
- **Tipologia di VIA:** No procedura di VIA con prescrizioni – Screening Regionale;
- **Stato:** Non ancora presentata ai sensi del D. Lgs. 387/2003

### DATI TECNICI

- **Potenza elettrica nominale:** 0,7 MWeI;
- **Potenza termica:** 3,0 MWth;
- **Tipologia di combustibile:** biomassa forestale;
- **Portata annuale di combustibile:** 12.000 t;
- **Provenienza combustibile:** locale;
- **Ore di funzionamento:** 8000 h/anno;
- **Funzionamento in assetto cogenerativo:** non specificata;
- **Area di insediamento:** industriale;
- **Estensione area impianto:** 0,3 ha;
- **Tensione dell'energia generata:** 15 kV;
- **Tecnologia impiantistica:** Organic Rankin Cycle (ORC);

**Descrizione impianto:** Il ciclo Rankine a fluido organico rappresenta un metodo alternativo a quello classico per la produzione di energia elettrica da biomassa di origine agro-forestale. Tale ciclo viene realizzato non più da vapore d'acqua ma da vapore di un fluido organico che esattamente come l'acqua viene vaporizzato per essere espanso in una turbina; anche questo fluido completa il suo ciclo condensando dopo l'espansione prima di essere riportato alle condizioni di pressione adatte alla fase di vaporizzazione. A differenza del caso dell'acqua però, il fluido organico non è a diretto contatto con i fumi caldi della combustione della biomassa, ma viene vaporizzato da un olio diatermico intermedio che fa da vettore termico tra i fumi ed il fluido organico.

Nel caso in oggetto, la caldaia è del tipo a griglia mobile ed ha un bruciatore da 3530 MW, da gestirsi con eccesso d'aria e tempi di permanenza lunghi allo scopo di garantire l'ossidazione ottimale e quindi la combustione completa.

L'impianto è anche costituito da un turbogeneratore da 680 kWeI, da un sistema di stoccaggio e caricamento del cippato, da un circuito dell'olio diatermico ed un sistema di by-pass per il riscaldamento diretto.



Universita' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group

## CENTRALE A BIOMASSE AGRICOLE E REFLUI IN SARZANA (SP) – IN PROGETTAZIONE

### DATI GENERALI

- **Proponente:** Consorzio di bonifica Canale Lunense
- **Numero di pratica:** ancora in fase di progettazione definitiva
- **Tipologia di VIA:** No procedura di VIA; no procedura di Screening Regionale;
- **Stato:** Non ancora presentata ai sensi del D. Lgs. 387/2003

### DATI TECNICI

- **Potenza elettrica nominale:** 0,4 MWel;
- **Potenza termica:** 0,5 MWth;
- **Tipologia di combustibile:** canna comune e reflui zootecnici;
- **Portata annuale di combustibile:** 11.000 t di canna comune e 6000 t di effluenti bovini;
- **Provenienza combustibile:** locale;
- **Ore di funzionamento:** 8000 h/anno;
- **Funzionamento in assetto cogenerativo:** non specificata;
- **Area di insediamento:** agricolo;
- **Estensione area impianto:** 0,9 ha;
- **Tensione dell'energia generata:** 15 kV;
- **Tecnologia impiantistica:** impianto di codigestione anaerobica (ORC);

**Descrizione impianto:** L'impianto è costituita da un'area di stoccaggio delle biomasse e dei reflui (trincee e concimaie), da due digestori anaerobici per la realizzazione del processo di codigestione anaerobica mesofila, da un cogeneratore da 420 kWel e da un'area per la separazione liquido-solido del digestato.

Il sistema di cogenerazione è abbinato ad un sistema di recupero termico del calore dai gas di scarico e dai sistemi di raffreddamento del circuito olio ed acqua motore.

La parte liquida delle biomasse (liquami bovini) viene pompata direttamente all'interno dei digestori, mentre la parte solida (letame e canna comune) viene miscelata preventivamente in una tramoggia di carico (tipo carro miscelatore) ed inviata attraverso un sistema di coclee all'interno dei digestori.



Universita' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group

## CENTRALE A BIOMASSE IN FERRANIA – CAIRO MONTENOTTE (SV) - RESPINTA

### DATI GENERALI

- **Proponente:** Ferrania Technologies S.p.a.
- **Numero di pratica:** 126/206
- **Tipologia di VIA:** Regionale:
- **Stato:** Parere negativo CdS (12 Settembre 2006)

### DATI TECNICI

- **Potenza elettrica nominale:** 11,5 MWeI (10,075 MWeI in assetto completamente elettrico);
- **Potenza termica:** 39,4 MWth;
- **Tipologia di combustibile:** biomassa forestale;
- **Portata annuale di combustibile:** 110.000 t;
- **Provenienza combustibile:** 70% CMAVB, 30% fuori CMAVB;
- **Ore di funzionamento:** 8000 h/anno;
- **Funzionamento in assetto cogenerativo:** non specificata;
- **Area di insediamento:** industriale;
- **Estensione area impianto:** 2 ha;
- **Tensione dell'energia generata:** 132 kV;
- **Tecnologia impiantistica:** Ciclo Rankine;
- **Descrizione impianto:** L'impianto è costituito da una caldaia a griglia mobile alimentata a cippato di legno, un turbogruppo da 11,5 MWe, un sistema di condensazione ad acqua del vapore, sistema SNCR basato sull'iniezione di urea in caldaia per l'abbattimento degli NOx, neutralizzazione dei gas acidi mediante aggiunta di calce idrata, abbattimento particolato con ciclone e filtro a manica. Il sistema di combustione ausiliario (start up e casi in cui la t di combustione è troppo bassa) è a metano.  
Un adeguato parco legno costituisce parte integrante dell'impianto; l'area dedicata è di 1,3 ha per cataste di 5 m di altezza, con previsione di due macchine ciascuna da 70 mc/h per la cippatura e la frantumazione di tronchi e ramaglie, un piazzale di stoccaggio e miscelazione del cippato, un deposito in silo con capacità di 3 gg articolato su 3 linee con sistema di alimentazione a nastro, con vaglio e deferrizzatore + mezzi e pale per movimentazione.



Università' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group

## CENTRALE A BIOMASSE IN BOCCARDA– BUSALLA (GE) - RESPINTA

### DATI GENERALI

- **Proponente:** San Marco Energia S.r.l., ESCO partecipata IPLOM;
- **Numero di pratica:** 133/213;
- **Tipologia di VIA:** Regionale;
- **Stato:** Parere negativo CdS (127 Giugno 2007)

### DATI TECNICI

- **Potenza elettrica nominale:** 8,998 MWel;
- **Potenza termica:** 19,861 MWth;
- **Tipologia di combustibile:** biocombustibile costituito prioritariamente da olio vegetale proveniente da colture dedicate di filiere agroenergetiche locali (es. olio di girasole, di soia, di colza);
- **Portata annuale di combustibile:** n.d.;
- **Provenienza combustibile:** locale o in alternativa nazionale, comunitaria e/o extracomunitaria;
- **Ore di funzionamento:** n.d.;
- **Funzionamento in assetto cogenerativo:** utilizzo dell'energia termica per sotto forma di vapore saturo che verrà utilizzato da IPLOM come vettore termico e sotto forma di acqua calda per la realizzazione di una rete di teleriscaldamento a servizio dei vicini Comuni di Busalla e Ronco Scrivia;
- **Area di insediamento:** industriale;
- **Estensione area impianto:** 0,6 ha;
- **Tensione dell'energia generata:** n.d.
- **Tecnologia impiantistica:** Ciclo Rankine;
- **Descrizione impianto:** La **centrale in progetto** è costituita da una linea di potenza, costituita da un motore ciclo Diesel con la relativa linea fumi dotata di sistemi per il contenimento delle emissioni in atmosfera e di caldaia per il recupero dell'energia termica dei fumi, per la generazione di vapore da utilizzare come vettore termico di processo.

L'area occupata dall'impianto di produzione energia elettrica è così suddivisa: (i) l'area carrabile di accesso e parcheggio; (ii) l'area centrale di produzione elettrica che, nel suo corpo principale, occuperà un'area rettangolare, di dimensioni indicative 30 m di larghezza, 80 m di lunghezza; (iii) due distinte aree serbatoi: la prima ospitante il serbatoio principale dell'olio vegetale grezzo collocata in un'area esterna alla centrale di produzione; la seconda, che ospiterà i serbatoi dei combustibili per avviamento (gasolio), i fluidi di processo, la stazione di scarico dei mezzi di trasporto e la stazione di pompaggio verso gli utilizzi dei combustibili e dei fluidi, in adiacenza alla linea fumi della centrale; (iv) l'area uffici e di conduzione dell'impianto.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>10 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Universita' degli Studi Di Genova</p>		 <p>Thermochemical Power Group</p>	

## 2.0 PROGETTI PILOTA E RICERCHE REALIZZATE

Le principali iniziative relative alla biomassa realizzate sul territorio ligure sono le seguenti:

- ✓ Il progetto pilota principale riguardante le biomasse sul territorio ligure è costituito dal **Progetto Valle Stura** (già descritto nel paragrafo Impianti esistenti).

Il progetto ha riguardato la realizzazione di tre centrali di teleriscaldamento a biomassa forestale autoctona, la loro successiva realizzazione mediante la creazione di una filiera bosco-energia ed il successivo monitoraggio dell'intera filiera per ottimizzare le esperienze accumulate in fase di progettazione, realizzazione e gestione degli impianti in altre realtà del territorio ligure, peraltro molto adatto a favorire lo sviluppo di simili iniziative.

Lo svolgimento di un meticoloso e continuativo lavoro di monitoraggio, ha permesso di validare a consuntivo le previsioni fatte in ambito energetico, economico e funzionale, ma anche di stilare delle preziose linee guida per potere usufruire in altri progetti delle esperienze acquisite in Valle Stura.

Il prodotto finale ha potuto garantire una base di partenza per la ricerca e l'innovazione tecnologica al fine di un migliore sfruttamento delle risorse locali e del risparmio energetico, inteso come risultato dell'ottimizzazione delle risorse e delle efficienze impiantistiche.

La fase di monitoraggio ha rappresentato quindi il vero valore aggiunto di tale progetto ed è stata condotta con criteri che possano definire una scala di giudizio per valutare l'efficienza dell'intervento, per predisporre una rete di informazione per la tempestiva divulgazione dei dati e per definire con esattezza i range qualitativi e quantitativi che permettono ai risultati ottenuti di essere considerati idonei per uno studio successivo.

In particolare, è stato condotto un monitoraggio energetico – funzionale – impiantistico sia sulle risorse che sui prodotti del processo in esame: sono stati definiti i parametri più significativi che caratterizzano gli input e gli output del sistema, sono state individuate le procedure e gli strumenti per il calcolo di tali parametri e quindi le modalità con cui tali parametri sono stati calcolati.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>11 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Universita' degli Studi Di Genova</p>		 <p>Thermochemical Power Group</p>	

- ✓ **Aree campione della Val Bormida e della Val di Vara:** Attraverso lo studio e l'analisi dei dati ambientali, territoriali e finanziari l' Agenzia Regionale per l'Energia della Liguria (ARE Liguria) ha individuato nella Val Bormida e nella Val di Vara le aree che, sia per i settori di intervento (Tipologia delle aree campione) sia per le localizzazioni territoriali e per le loro caratteristiche geografiche, antropiche ed economiche, meglio si prestano ad essere sede delle attività e degli interventi indicati dal PEAR.

Su tali basi, nonché sulla disponibilità di altri non meno importanti fattori, come l'esistenza di progettazioni già predisposte, sono stati avviati alcuni progetti preliminari di governante e di realizzazioni di filiera legno-energia idonei a fornire, di concerto con gli enti pubblici interessati, elementi utili per definire i modelli operativi da applicare su tutte le aree campione, nonché indicazioni per l'individuazione delle modalità e delle sostenibilità gestionali e finanziarie.

Obiettivi della sperimentazione nelle aree campione sono state la ricerca e la verifica sul campo delle condizioni di redditività economica e di ripetibilità degli interventi previsti per raggiungere gli obiettivi del PEAR al fine di estendere gli interventi all'intero territorio regionale e rendere l'utilizzo delle fonti rinnovabili duraturo, irreversibile e conveniente.

- ✓ **Progetto Robin Wood:** è un Progetto Comunitario Interreg III C avente l'obiettivo principale di evidenziare il contributo che la gestione integrata delle filiere bosco-energia e la valorizzazione del territorio a fini energetici possono determinare sulla rigenerazione delle aree rurali in termini economici e sociali.

I partner principali del progetto sono stati la Regione Liguria (Italia), Brandenburgo (Germania), Galles (Gran Bretagna), Murcia (Spagna), Pomerania (Polonia), Slovacchia dell'Est (Slovacchia).

Il progetto ha permesso di realizzare gruppi di lavoro interregionali tra diverse nazioni dedicati allo sviluppo di azioni comuni e strategie nell'ambito della valorizzazione delle risorse forestali per il recupero delle aree rurali attraverso la valorizzazione a fini energetici delle fonti rinnovabili locali. In particolare, lo scopo principale ha consistito nel creare un piano per lo sviluppo socio-economico in grado di generare nuove

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>12 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Università' degli Studi Di Genova</p>		 <p>Thermochemical Power Group</p>	

opportunità di lavoro e nuove opportunità commerciali ed industriali nelle aree rurali grazie alla valorizzazione del territorio e delle sue risorse.

- ✓ **Progetto n° 008 ALCOTRA Interreg III A:** il seguente progetto, realizzato in collaborazione con le Regioni transfrontaliere della Francia, si è posto lo scopo di definire delle linee guida e dei criteri generali da potere applicare in modo sistemico per lo sfruttamento delle risorse rinnovabili presenti nelle aree protette (SIC e ZPS) del territorio Ligure. Le Linee Guida sono state diffuse a tutte le Comunità Montane ed a tutti i comuni dei territori interessati e sono state accompagnate dalla progettazione preliminare di impianti di teleriscaldamento a biomasse forestali in un Sito di Interesse Comunitario (Badalucco – IM).
  
- ✓ **Progetto IIGB3012-2001:** Il progetto è stato effettuato dall'OMP (Officine per la meccanica di precisione – Oggi Termex s.p.a.) di Cicagna (GE) con la collaborazione del Thermochemical Power Group (gruppo di ricerca del Dipartimento di Macchine Sistemi Energetici e Trasporti dell'università degli Studi di Genova) ed ha consistito in uno studio avente l'obiettivo di testare le prestazioni tecnico-impiantistiche di un impianto di gassificazione alimentato a biomasse agro-forestali da ubicarsi verosimilmente in Val Fontanabuona, nonché di effettuare un'analisi termoeconomica al fine di valutare il reale impatto di questa tecnologia di conversione energetica nel mercato italiano e la possibilità di riprodurre l'esperienza condotta in altre realtà locali del territorio ligure.  
 La realizzazione dell'impianto dimostrativo, messo a punto con la collaborazione di Ansaldo Energia, ha consentito di validare i risultati dello studio evidenziandone le criticità e suggerendo ottimizzazioni da apportare a successive realizzazioni.
  
- ✓ **Progetto 4ever:** I risultati emersi dal progetto IIGB3012/2001 sopra descritto sono stati confortanti ed hanno fornito le basi per un successivo sviluppo del progetto mirato ad arrivare al dimensionamento ed alla successiva progettazione e realizzazione di un impianto integrato di gassificazione di piccola taglia.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>13 of 43</p>
<p><b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b></p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Come conseguenza dello studio è stato sviluppato dal consorzio Regione Liguria - Termex s.p.a. – TPG (Thermochemical Power Group, gruppo di ricerca del Dipartimento di Macchine Sistemi Energetici e Trasporti dell'università degli Studi di Genova) il Progetto “4ever” il cui obiettivo principale ha consistito nella progettazione e nella successiva realizzazione di un nuovo concetto di impianto CHP (Combined Heat and Power) integrato, con disegno modulare e plug&play, alimentato integralmente a biomassa legnosa, per la produzione di energia elettrica “verde”, energia termica e biocombustibili solidi (carbone di legna – char), liquidi (oli di pirolisi – tar) e gassosi (biosyngas).

Il concetto avrebbe dovuto essere applicato dapprima ad un test facility da laboratorio (realizzato presso la Termex s.p.a.) e successivamente ad un impianto di piccola taglia (test-facility con input termico basato sul Potere Calorifico Inferiore della biomassa in ingresso pari a 1000kW, rendimento elettrico potenziale pari al 28%, rendimento termico potenziale superiore all’ 80%), che dimostrerà i risultati della ricerca e la metodologia progettuale, e permetterà di ottimizzare il lay-out impiantistico al fine di renderlo commercializzabile su vasta scala e con diverse opzioni di taglia, a seconda delle esigenze specifiche.

Il Progetto è stato sospeso alla realizzazione del test-facility da laboratorio per mancanza di fondi regionali.

	<b>PROGETTO BIOMASS</b>	Page	14 of 43
Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria		Date:	28/09/2009
 <b>Universita' degli Studi Di Genova</b>	 <b>Thermochemical Power Group</b>		

### 3.0 SISTEMI E PROTOCOLLI DI MISURAZIONE DI IMPIANTI ESISTENTI

Gli unici sistemi e protocolli di monitoraggio di impianti esistenti sono costituiti da quelli relativi agli impianti della Valle Stura ed al loro relativo monitoraggio.

L'attività di monitoraggio è stata sviluppata considerando essenzialmente gli aspetti impiantistici, funzionali ed energetici degli impianti, senza prendere in considerazione aspetti ambientali, socio-culturali ed economici a causa del limitato budget a disposizione.

In particolare l'attività di monitoraggio consiste in 5 + 1 fasi operative:

- ✓ **Fase 0:** Programmazione del monitoraggio (definizione di metodologie, parametri, errori di misura, strumenti); *[effettuata e modifica solo i primi anni di monitoraggio];*
- ✓ **Fase 1:** Monitoraggio del biocombustibile (densità, peso, contenuto idrico ed umidità, provenienza catastale, potere calorifico, classificazione secondo la nomenclatura svizzera)
- ✓ **Fase 2:** Campagna di monitoraggio impianti (periodi di funzionamento, manutenzione ordinaria e straordinaria, caratteristiche impiantistiche durante il periodo di funzionamento a regime ed in transitorio).
- ✓ **Fase 3:** Analisi dei consumi (richiesta termica delle utenze – giornaliera, settimanale e mensile).
- ✓ **Fase 4:** Elaborazione dati per la definizione dei parametri impiantistici di output (curve di carico, rendimenti, ore macchina, vita dei componenti principali, etc.).
- ✓ **Monitoraggio filiera:** non può essere identificato in un'unica fase e consiste nel monitoraggio dell'intera filiera bosco-energia con particolare riferimento alla parte relativa alle attività di esbosco, trasporto e cippatura del legno ed al suo stoccaggio. Attualmente l'attività è svolta da STAF (Studio Tecnico Agro-Forestale), dalla stagione 2007-2008 verrà seguita anche dal TPG.

La divisione delle attività nelle cinque fasi operative è stata effettuata non solo per definire un approccio metodologico rigoroso ma anche per potere distinguere le diverse aree di monitoraggio; in parole povere, si è cercato di condurre nelle Fasi 1, 2 e 3 un'analisi distinta tra ciò che riguarda il biocombustibile, ciò che riguarda la centrale termica e ciò che riguarda la rete e le utenze (Schema 1).

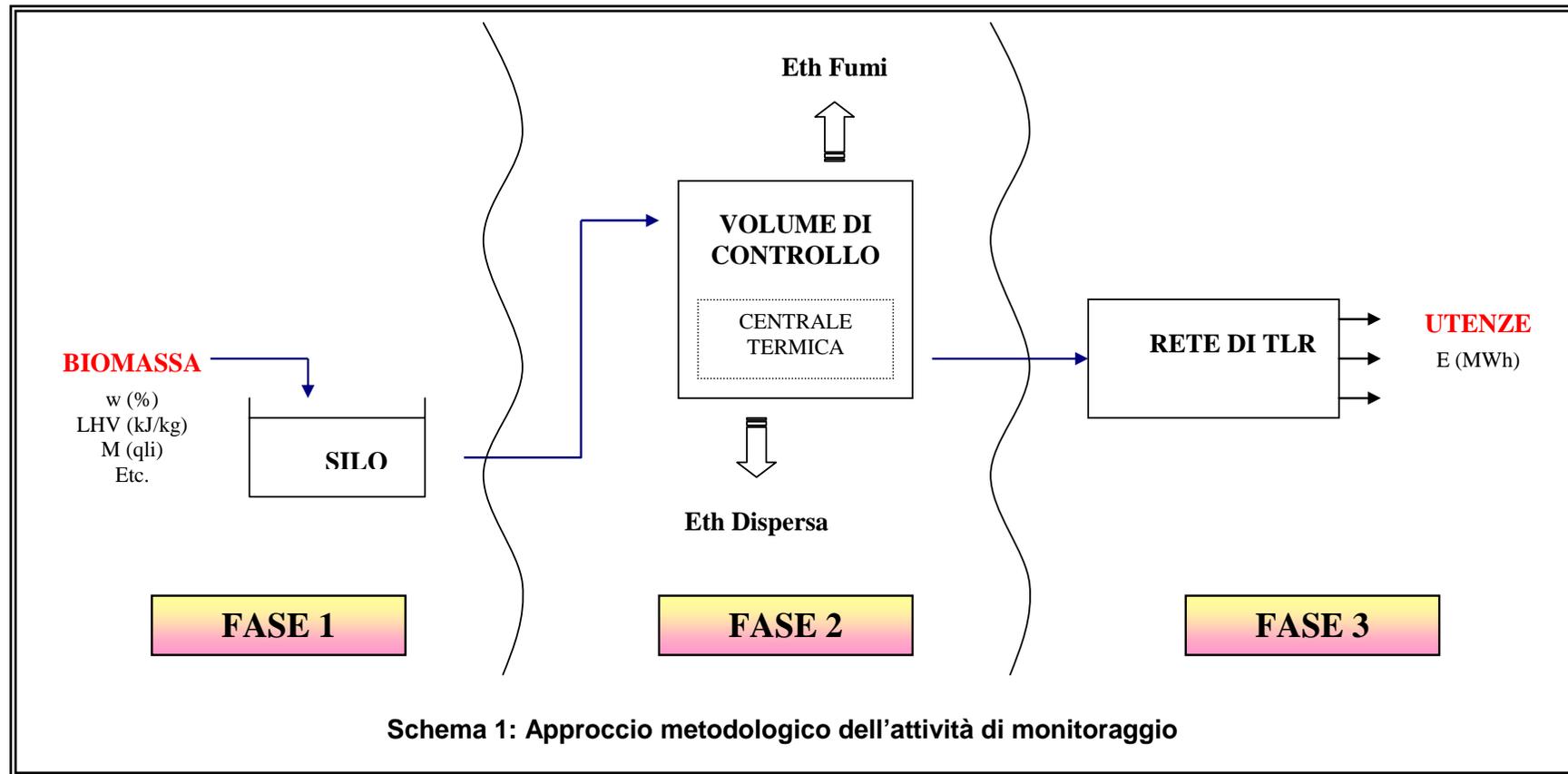


Università' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group

In allegato vengono riportate le relazioni di monitoraggi orelative alle ultime due stagioni di riscaldamento.



	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>16 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Universita' degli Studi Di Genova</p>		 <p>Thermochemical Power Group</p>	

#### **4.0 SISTEMI DI VALUTAZIONE ECONOMICO E AMBIENTALE DI IMPIANTI GIÀ ESISTENTI**

Vedere punto 3.0 e relazioni di monitoraggio della Valle Stura allegate.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>17 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Università' degli Studi Di Genova</p>		 <p>Thermochemical Power Group</p>	

## 5.0 STATO DELL'ARTE TECNOLOGICO

Per biomassa forestale si intende la biomassa proveniente dall'esbosco forestale o dalle opere di mantenimento e manutenzione del bosco o da colture energetiche espressamente dedicate.

Per le sue caratteristiche (rapporto carbonio/azoto C/N > 30 e contenuto di umidità inferiore al 30%), la biomassa forestale è particolarmente adatta ai processi di conversione termochimica: combustione, pirolisi e gassificazione, carbonizzazione.

Attualmente i processi più affidabili e garantiti per la produzione di energia elettrica e/o calore dalle biomasse forestali sono quelli che utilizzano la combustione di questo combustibile in caldaie di diverse dimensioni, da pochi kW a decine di MW.

Nel caso di sola **produzione di potenza termica**, i fumi caldi provenienti dalla combustione della biomassa vengono utilizzati per produrre acqua calda, che, attraverso reti di teleriscaldamento, viene utilizzata come vettore termico per il riscaldamento di ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria.

Nel caso di **produzione di energia elettrica**, preferibilmente associata alla produzione contestuale di energia termica, i fumi caldi provenienti dalla camera di combustione della caldaia vengono utilizzati per la produzione di vapore ad alta pressione e temperatura che possa espandere in una turbina a vapore per la produzione di potenza meccanica e termica.

Nel caso dei cicli rankine a vapore ciò che espande nella turbina è vapore acqueo mentre nei cicli rankine a fluido organico ad espandere è un fluido glicolico a maggiore densità di quella dell'acqua; nel secondo caso esiste un circuito intermedio di olio diatermico che trasferisce il calore dei fumi della combustione al fluido organico.

I maggiori costi per kW di potenza installata degli impianti a biomassa forestale rispetto agli impianti a combustibili fossili sono in parte compensati dai minori costi del combustibile a parità di energia resa, ai quali si aggiungono gli incentivi statali e locali necessari per rendere competitivi sul mercato e remunerativi per gli investitori questa tipologia di impianti.

	<b>PROGETTO BIOMASS</b>	<i>Page</i>	18 of 43
<b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b>		<i>Date:</i>	28/09/2009
 <b>Universita' degli Studi Di Genova</b>		 <b>Thermochemical Power Group</b>	

Gli impianti a biomassa forestale assumono un maggiore significato se pensati di ridotte dimensioni, alimentati da un combustibile di provenienza locale e se soddisfano le esigenze energetiche di una realtà di piccole medie dimensioni.

Se il combustibile proviene dai boschi circostanti, come nel caso del Progetto in oggetto, una elevata voce di costo è rappresentata dagli esborsi dovuti al taglio, alla cippatura eventuale, al trasporto e allo stoccaggio della materia prima; in questo contesto la polverizzazione del territorio boscato in terreni di diversi proprietari privati rappresenta una difficoltà in più come allo stesso modo l'approvvigionamento da zone distanti dalla viabilità stradale ed aventi una pendenza rilevante.

Gli impianti basati su tecnologia ORC derivano dal ciclo Rankine a vapore nei quali, invece di espandere vapore surriscaldato, espande un fluido siliconico. Per questo motivo è necessario, a questo punto della trattazione, accennare al ciclo Rankine a vapore.

### **5.1 Ciclo Rankine a vapore per la produzione di energia elettrica e calore (cogenerazione)**

Tra i sistemi di produzione di energia elettrica attraverso la combustione delle biomasse, il ciclo Rankine a vapore risulta sicuramente quello più conosciuto e fino ad oggi utilizzato. Le grandi turbine a vapore utilizzate nelle grosse centrali a combustibili fossili, sono state ridimensionate per la generazione di elettricità da biomassa di piccola e media taglia, rendendo possibile la generazione di energia elettrica dalle biomasse pur perdendo diversi punti percentuali di rendimento.

Le caldaie a ciclo Rankine a vapore sfruttano i fumi caldi della combustione della biomassa per vaporizzare acqua in pressione; tale vapore, eventualmente surriscaldato viene fatto espandere in una turbina con produzione di energia meccanica e, attraverso l'accoppiamento con un alternatore, di energia elettrica. Esistono fondamentalmente tre tipologie di funzionamento delle turbine a vapore: a condensazione, a spillamento ed a contropressione; la scelta della tipologia di funzionamento e quindi della tipologia di turbina da utilizzare viene fatta a seconda della domanda elettrica e/o termica che si vuole soddisfare.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>19 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Università' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Nel caso di turbina a condensazione tutto il vapore prodotto nel generatore di vapore viene fatto espandere dalla pressione massima del ciclo fino alla pressione di condensazione, generalmente al di sotto della pressione atmosferica; in questo caso la produzione di energia elettrica è la massima possibile per quella macchina e la produzione di energia termica deriva dal calore ceduto dal fluido di processo nel condensatore.

Nel caso di turbina a contropressione, l'utenza termica è posta subito a valle dello scarico della turbina (sostituendo il condensatore) e la sua richiesta di calore determina la pressione minima del ciclo e quindi il salto entalpico in turbina e la produzione di energia elettrica. E' questo il funzionamento chiamato "turbina segue" in quanto il regime della turbina (e quindi il rendimento elettrico del sistema) è dipendente dalla richiesta termica dell'utenza.

Un'utenza termica può infine essere alimentata attraverso uno spillamento di vapore ad una pressione intermedia tra quella massima e quella minima del ciclo, attraverso la separazione in due o più fasi del processo di espansione del vapore generato ( una fase di alta pressione ed una di bassa o media pressione). Anche in questo caso, come nel precedente, la richiesta termica comanda sulla produzione elettrica che si adegua alla domanda di calore e cioè alla quantità di calore spillato dal ciclo.

A differenza delle grosse caldaie a vapore alimentate a combustibili fossili, quelle alimentate a biomasse hanno ovvie limitazioni tecnologiche ed impiantistiche. Le ridotte dimensioni degli impianti, dovute ad un combustibile a minore densità energetica come la biomassa e legato alla geo-morfologia del territorio circostante, rendono inferiori i rendimenti di generazione elettrica e termica. Il minor potere calorifico della biomassa, diminuito anche da un maggior tasso di umidità al suo interno, consente un trasferimento di calore al fluido vettore, a parità di portata in ingresso, minore rispetto ai combustibili fossili e, di conseguenza, livelli di entalpia del vapore più bassi (a parità di livello entalpico maggiore biomassa rispetto ad un combustibile fossile viene consumata).

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>20 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

L'utilizzo di un combustibile nel quale possono essere presenti maggiori impurità rispetto ai combustibili fossili rende i fumi della combustione più aggressivi nei confronti delle parti metalliche che compongono il generatore di vapore: le temperature non possono quindi essere troppo elevate in camera di combustione.

Una ulteriore difficoltà di questi impianti è legata alla complessa logistica relativa al recupero del combustibile; la biomassa è un combustibile a bassa densità energetica, piuttosto disperso nel territorio, che necessita di mezzi di raccolta e trasporto dal luogo di produzione al luogo di consumo. Ecco il motivo per cui questi impianti hanno ragione di essere solo se pensati integrati nel territorio in cui nascono: la biomassa che li alimenta deve provenire dal circondario per non accrescere in maniera diseconomica i costi per l'approvvigionamento; la filiera bosco energia deve rappresentare una risorsa in cui la valorizzazione energetica della biomassa è solo una parte del sistema virtuoso di riqualificazione del territorio in cui si trova; chi beneficia della potenza prodotta dall'impianto deve essere chi abita o chi opera nel territorio in cui la biomassa viene prodotta sia esso un privato, un'azienda, un ente pubblico.

Utilizzare un combustibile come la biomassa locale rende la gestione economica finanziaria di un impianto relativamente indipendente dal mercato dei combustibili fossili quali i prodotti petroliferi ed il gas naturale per quanto riguarda l'approvvigionamento del fabbisogno termico e dalla rete nazionale per l'approvvigionamento dell'energia elettrica.

L'utilizzo di un ciclo Rankine a vapore alimentato a biomassa permette di poter modulare il funzionamento dell'impianto in funzione delle richieste periodiche di potenza elettrica e termica potendo cedere alla rete le eventuali eccedenze di energia elettrica prodotte e, dotandosi di un ciclo ad assorbimento, potendo utilizzare il calore prodotto nei mesi estivi per la produzione di freddo.

L'energia ceduta alla rete può essere altresì valorizzata attraverso l'incentivo statale dei certificati verdi rendendo più economica l'entità dell'intervento.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>21 of 43</p>
<p><b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b></p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

In un impianto a ciclo Rankine a vapore biomassa viene caricata periodicamente nei silos di stoccaggio; un nastro o coclea la trasportano verso il sistema di carico della camera di combustione. La combustione avviene su griglia (fissa o mobile) di lunghezza idonea a garantire corretta distillazione e combustione. Sotto e al termine della griglia si ha sistema di raccolta ceneri.

Sopra la griglia è prevista una volta refrattaria, atta a garantire una corretta combustione, nella cui parte alta si ha un'apertura attraverso la quale i prodotti della combustione vanno allo scambiatore di calore solitamente a tubi di fumo per la produzione di vapore; all'uscita della caldaia è previsto economizzatore per il recupero termico.

L'abbattimento delle polveri è opera solitamente di un multiciclone (particelle più grossolane) seguito da sistema di filtrazione mentre per le sostanze contenenti cloro si prevedono tipicamente sistemi ad iniezione di calce.

L'acqua del circuito di produzione del vapore viene introdotta in un degasatore dove confluiscono anche condense in uscita dalla turbina a vapore e drenaggi della linea di ritorno dallo scambiatore del teleriscaldamento. L'acqua in uscita dal degasatore viene preriscaldata nell'economizzatore per poi entrare nell'evaporatore. E' previsto l'utilizzo di un surriscaldatore convettivo; tale soluzione consente la circolazione dell'intera portata all'interno del vaporizzatore garantendo la massima produzione possibile di vapore.

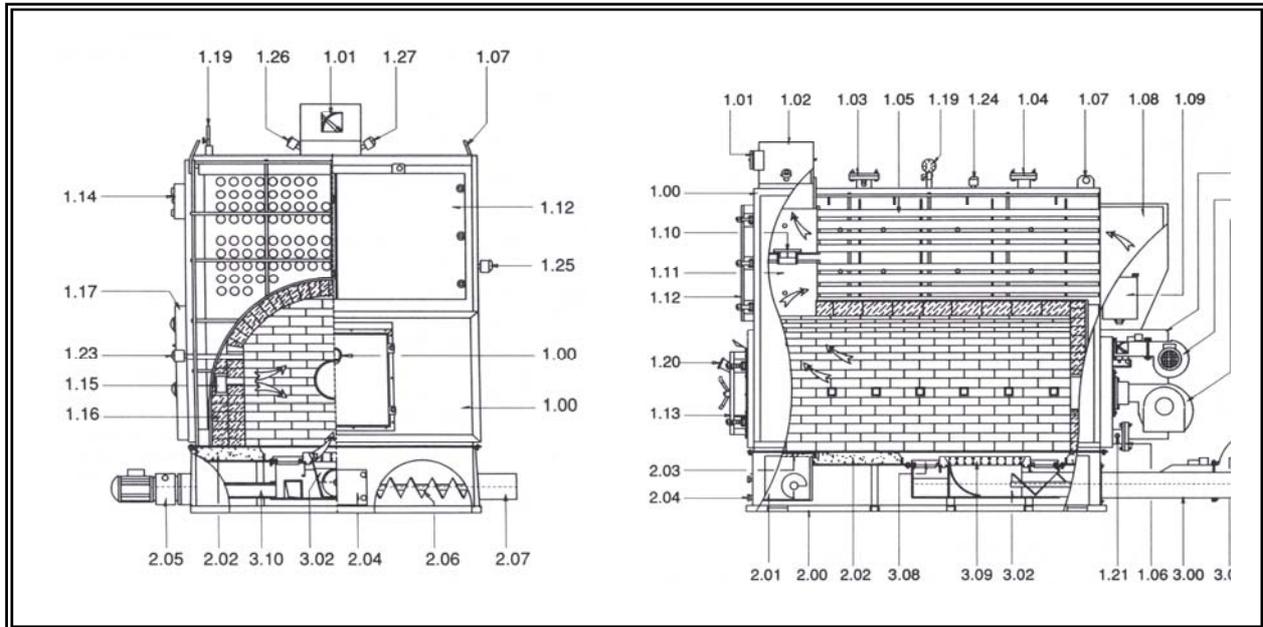
Nelle figure 5.1, 5.2 e 5.3 vengono riportate alcune immagini di componenti ed impianti a biomasse basate su tecnologia con Ciclo Rankine.



Universita' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group



**Figura 5.1: Sezioni caldaia a biomassa a ciclo Rankine a vapore**



**Figura 5.2: Caldaia a biomassa a ciclo Rankine a vapore (Caldaia Mawera)**

 	<b>PROGETTO BIOMASS</b>	<i>Page</i>	23 of 43
<b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b>		<i>Date:</i>	28/09/2009
 <b>Universita' degli Studi Di Genova</b>		 <b>Thermochemical Power Group</b>	



**Figura 5.3: Focolare caldaia a biomassa a ciclo Rankine a vapore (Caldia Mawera)**

## **5.2 Ciclo Rankine a fluido organico (ORC) per la produzione di energia elettrica e calore (cogenerazione)**

Il ciclo Rankine a fluido organico rappresenta un metodo alternativo a quello classico per la produzione di energia elettrica da biomassa di origine agro-forestale. Tale ciclo viene realizzato non più da vapore d'acqua ma da vapore di un fluido organico che esattamente come l'acqua viene vaporizzato per essere espanso in una turbina; anche questo fluido completa il suo ciclo condensando dopo l'espansione prima di essere riportato alle condizioni di pressione adatte alla fase di vaporizzazione. A differenza del caso dell'acqua però, il fluido organico non è a diretto contatto con i fumi caldi della combustione della biomassa, ma viene vaporizzato da un olio diatermico intermedio che fa da vettore termico tra i fumi ed il fluido organico.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>24 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Un impianto di tal genere si dice integrato perché accoppia una caldaia ad olio diatermico con un turbogeneratore a fluido organico. Il sistema è composto dai seguenti componenti:

- ✓ *Sistema automatico di alimentazione* della biomassa all'ingresso della caldaia
- ✓ *Caldaia ad olio diatermico*: è costituita da una camera di combustione preferibilmente a griglia mobile al di sopra della quale è montato uno scambiatore di calore gas combusti/olio diatermico. La griglia della caldaia può essere raffreddata ad acqua o ad aria; la prima soluzione risulta più sicura al fine di prevenire eccessivi picchi di temperatura derivanti dalla combustione di biomassa con alto contenuto di umidità.
- ✓ *Circuito di circolazione dell'olio diatermico*: l'olio diatermico entra all'interno dello scambiatore con un unico tubo a spirale di sezione relativamente ristretta per assicurare una elevata velocità di circolazione in grado di ridurre i rischi di ristagno e di successivo riscaldamento dello stesso, causa principale della riduzione del periodo di vita. Il sistema di circolazione che assicura il trasferimento di calore dalla caldaia al turbogeneratore è costituito da due pompe in parallelo (una delle quali lavora in stand-by per le emergenze). In caso di malfunzionamento della pompa di esercizio, quella ausiliaria viene attivata immediatamente.
- ✓ *Turbogeneratore ORC*: questo componente riceve il calore proveniente dalla caldaia per mezzo dell'olio diatermico e lo utilizza per fare vaporizzare un fluido organico e conseguentemente fare compiere a tale fluido un ciclo Rankine a vapore. In particolare, il sistema risulta costituito da:
  - Un evaporatore in cui il fluido vaporizza utilizzando l'energia termica proveniente dalla caldaia;
  - Una turbina (in cui viene fatto espandere il fluido organico vaporizzato) collegata ad un sistema di generazione di energie elettrica (generatore + alternatore);
  - Un condensatore che serve per il recupero dell'energia termica non utilizzata in turbina

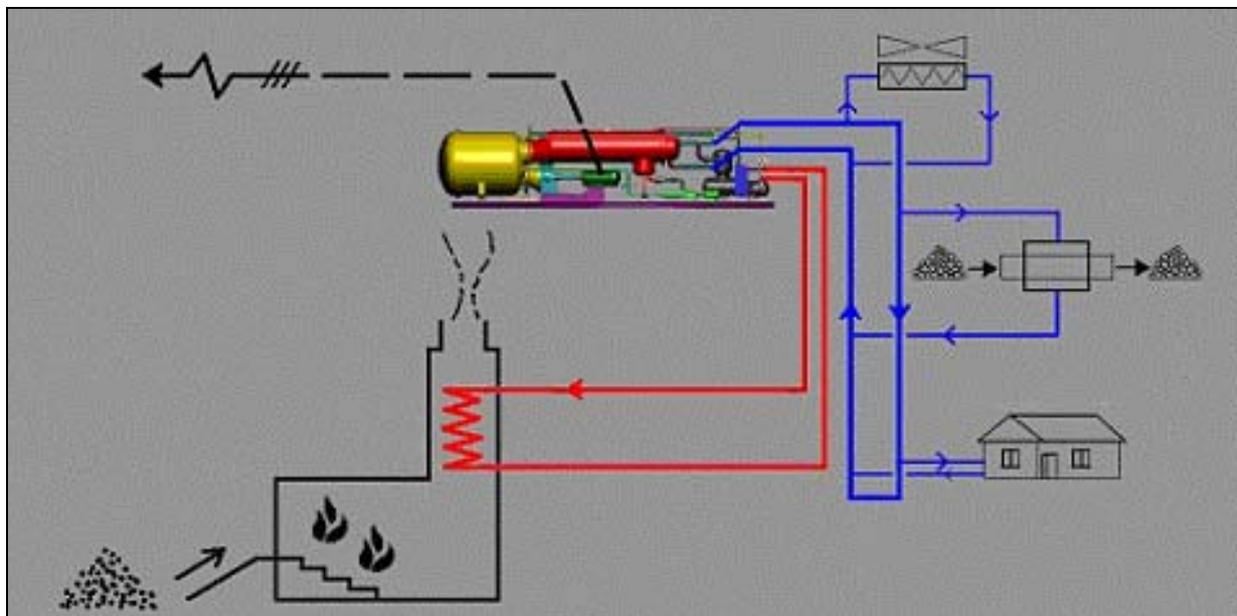


Universita' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group

- Un compressore accoppiato alla turbina che serve per ricomprimere il fluido all'ingresso dell'evaporatore.
- ✓ *Sistema di by-pass per il riscaldamento diretto:* viene utilizzato per trasferire l'energia termica dal circuito dell'olio al circuito di circolazione dell'acqua (utenza termica) in caso di stop o malfunzionamento del turbogeneratore.



**Figura 5.4: Rappresentazione schematica dei circuiti di olio diatermico e di acqua di un impianto a ciclo Rankine a fluido organico (ORC)**

Inoltre, dal momento che la temperatura di ingresso dell'olio all'interno dello scambiatore della caldaia è relativamente alta (250-300° C) è possibile installare dei componenti ausiliari in grado di aumentare l'efficienza dell'impianto:

- ✓ *Economizzatore:* è costituito da uno scambiatore di calore tra i fumi caldi al camino e l'acqua (utenza termica). Tale sistema consente di aumentare l'efficienza globale della caldaia portandola oltre all'80% (come una normale caldaia ad acqua surriscaldata).
- ✓ *Preriscaldatore:* viene installato in luogo dell'economizzatore (qualora non vi sia una particolare richiesta da parte dell'utenza termica) e serve per riscaldare

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>26 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

*l'aria in ingresso della camera di combustione al fine di prevenire eventuali picchi di temperatura derivanti dall'utilizzo di biomasse con alto contenuto idrico.*

L'olio diatermico utilizzato come fluido vettore ha il compito di trasferire il calore dal punto di produzione al punto di utilizzo offrendo molti vantaggi:

- ✓ trasmettere cospicue quantità di calore con portate ridotte;
- ✓ assenza di tossicità o di emissione di sostanze irritanti;
- ✓ assenza di azione solvente sui componenti del circuito o di azioni corrosive sui materiali con cui vengono a contatto;
- ✓ fluidità alle basse temperature per le fasi di avviamento a freddo;
- ✓ bassa pressione nella caldaia;
- ✓ elevata inerzia termica e quindi stabilità nei cambiamenti di carico.

Dal punto di vista generale, un impianto ad olio diatermico è sostanzialmente simile ad un qualsiasi impianto termico tradizionale dal quale differenziarsi solamente per le peculiarità che sono imposte dalle particolari caratteristiche del fluido termovettore impiegato.

Ciò significa che tanto l'impianto quanto i componenti dell'impianto debbono essere strutturati in maniera tale da evitare ogni possibile degrado dell'olio in corso di esercizio.

In altre parole, per quanto riguarda il cracking occorre evitare che possano verificarsi sopraelevazioni di temperatura (si deve cioè assicurare chela velocità dell'olio in caldaia non scenda mai al di sotto del valore minimo di sicurezza).

Per quanto riguarda l'ossidazione, si deve impedire che allorquando la temperatura dell'olio supera i 50 °C, questo possa entrare in contatto con l'aria.

Nell'ambito del progetto, la caldaia ad olio diatermico è composta da una camera di combustione a griglia mobile; la struttura autoportante a sviluppo orizzontale costruita in acciaio speciale dello spessore di 10-12 mm è atta a sopportare le sollecitazioni termiche con camera di combustione ad ampia sezione completamente secca a più giri di fumo per la decantazione ottimale delle polveri contenute nei fumi.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>27 of 43</p>
<p><b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b></p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Sopra la camera di combustione è installato uno scambiatore di calore gas combusti/olio diatermico.

Lo scambiatore di calore a serpentino di particolare geometria per garantire il massimo scambio termico e rendimento è provvisto di casse fumarie ispezionabili per la periodica pulizia e manutenzione.

Dato che la temperatura di ingresso dell'olio è relativamente alta (250 – 300 °C), anche la temperatura di scarico è sufficientemente alta da permettere l'installazione di uno scambiatore di calore tra gas caldo ed acqua (economizzatore). Questo scambiatore di calore aumenta l'efficienza globale della caldaia portandola a valori equivalenti a quelli di una caldaia a biomassa ad acqua surriscaldata.

Nel caso in cui non sia richiesto o non sia conveniente un aumento della potenza termica disponibile all'acqua (causato, per esempio, da una richiesta termica minore da parte delle utenze) è possibile installare un preriscaldatore per la preriscaldamento dell'aria al posto dell'economizzatore.

Come già detto in precedenza, il turbogeneratore ORC permette la generazione di energia elettrica e calore sfruttando il calore proveniente dalla caldaia alimentata a biomassa per mezzo dell'olio diatermico per fare compiere ad un fluido organico un ciclo chiuso di Rankine.

Tale elemento impiantistico costituisce il punto chiave del sistema di cogenerazione in questione e permette di raggiungere ottimi rendimenti di efficienza energetica e garantire una maggiore affidabilità rispetto ai tradizionali impianti a vapore.

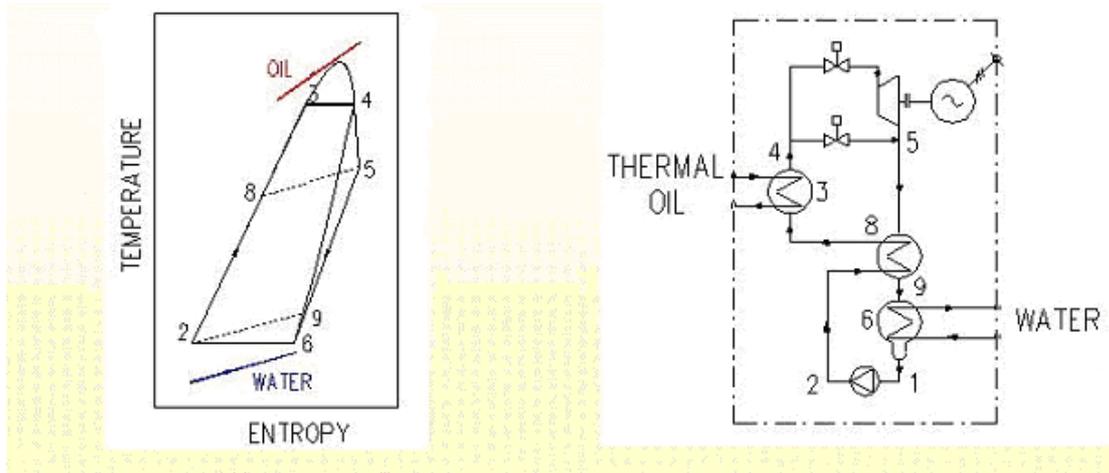
Il relativo ciclo termodinamico ed il relativo schema dei componenti è riportato in Figura 5.5.



Universita' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group



**Figura 5.5: Ciclo termodinamico e relativo schema dei componenti**

Il turbogeneratore sfrutta l'olio diatermico caldo per preriscaldare e vaporizzare un opportuno fluido di lavoro nell'evaporatore (8 → 3 → 4)

Il vapore del fluido organico muove la turbina (4 → 5), che è accoppiata direttamente al generatore elettrico attraverso un giunto elastico

Il vapore scaricato scorre attraverso il rigeneratore (5 → 9), dove riscalda il fluido organico (2 → 8).

Il vapore è poi condensato nel condensatore (raffreddato dal passaggio dell'acqua) (9 → 6 → 1).

Il fluido organico è poi pompato (1 → 2) al rigeneratore e di seguito all'evaporatore, completando così la sequenza di operazioni nel circuito chiuso.

La seguente idea progettuale fa riferimento ad un impianto cogenerativo alimentato a biomassa forestale comprendente un turbogeneratore ORC prodotto dalla Turboden s.r.l., una società italiana con sede a Brescia che ha sviluppato una vasta gamma di turbogeneratori che utilizzano per realizzare il ciclo organico di Rankine un olio siliconico avente proprietà termodinamiche in grado di garantire il raggiungimento di alte efficienze energetiche e particolarmente rispettoso nei confronti dell'ambiente.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>29 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Universita' degli Studi Di Genova</p>		 <p>Thermochemical Power Group</p>	

In particolare, l'utilizzo di tale fluido organico permette:

- ✓ L'immissione di calore ad elevate temperature grazie al sistema di rigenerazione;
- ✓ Espansione in turbina in completa assenza di liquido;
- ✓ Elevato salto entalpico in turbina;
- ✓ Bassissima tossicità;
- ✓ Nessun danneggiamento alla fascia di ozono (Ozone Depletion Potential, ODP = 0)

### 5.3 Impianti di piro-gassificazione per la produzione di energia elettrica e calore (cogenerazione)

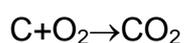
La piro-gassificazione è un processo chimico-fisico (termochimico) complesso mediante il quale si trasforma un combustibile solido (legno, scarti agricoli, rifiuti) in un combustibile gassoso (composto da biogas e da una miscela combustibile di CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, che avviene attraverso la combustione, in difetto di ossigeno, di residui vegetali ed organici a basso contenuto di umidità (max 10%). Ha l'indubbio vantaggio di convertire la biomassa in un ottimo combustibile, facilmente impiegabile negli impianti di produzione energetica più avanzati (ad es. impianti a ciclo combinato).

Il processo si realizza in 3 fasi:

- ✓ Una prima fase di essiccazione in cui si ottiene la disidratazione del materiale;
- ✓ Una seconda fase di pirolisi in cui si ottiene una parziale "distillazione" del legno;
- ✓ Una terza fase di gassificazione in cui i prodotti della pirolisi reagiscono con l'agente gassificante dando origine a vari prodotti di cui alcuni compatibili.

Più specificatamente il processo di gassificazione si può descrivere in questo modo:

Una biomassa, riscaldata in presenza di un quantitativo di aria o di ossigeno insufficiente per sviluppare un processo di combustione, dà luogo alla formazione di gas. Le principali reazioni sono:

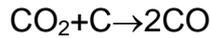
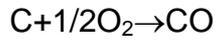




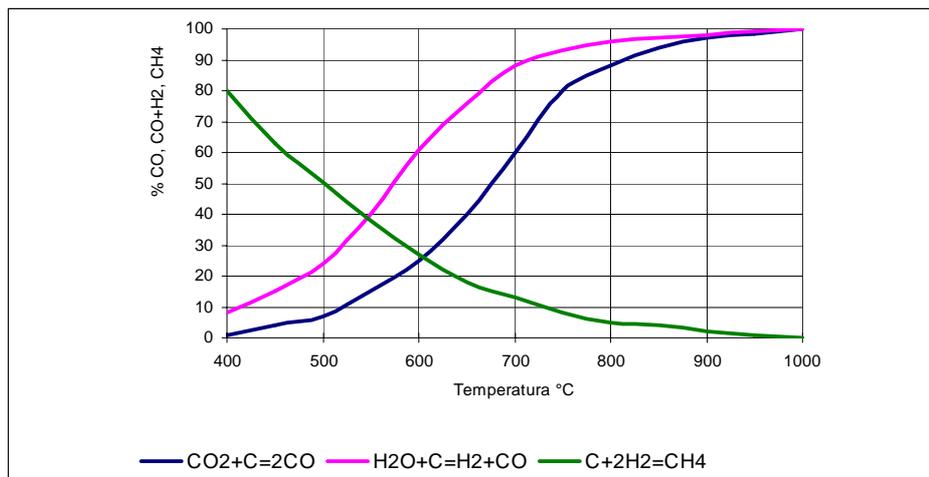
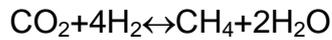
Università degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group



contemporaneamente si ottiene la formazione di metano ed acqua attraverso la reazione



**Figura 5.6: Andamento delle principali reazioni di gassificazione alla pressione di 105Pa.**

Il gas prodotto contiene più anidride carbonica rispetto al gas di pirolisi. Entrambi i gas hanno un potere calorifico che varia tra gli 11 ed i 19 MJ/m<sup>3</sup>.

Se per far avvenire queste reazioni si utilizza l'ossigeno contenuto nell'aria, la metà del gas prodotto in volume è azoto; ciò provoca un peggioramento del potere calorifico del gas di circa 4-8 MJ/m<sup>3</sup>.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>31 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Si può ottenere una composizione migliore del gas in uscita, combinando la gassificazione al processo di pirolisi. Infatti il char rimanente dalla pirolisi può essere sottoposto ad un processo di gassificazione.

Un parametro cruciale per la determinazione della composizione dei prodotti e per la temperatura di processo è il rapporto tra l'aria (o ossigeno) introdotta nella camera di reazione ed il quantitativo che sarebbe necessario per una completa ossidazione della biomassa.

Sperimentalmente si verifica che il contenuto energetico dei gas prodotti è massimo quando il rapporto è circa 0.25.

Al fine di ottenere un gas ricco di monossido di carbonio e idrogeno, che rappresentano i prodotti più preziosi del processo di gassificazione, deve essere massimizzata la trasformazione dell'anidride carbonica in monossido a spese della materia carbonica (char). Tale reazione, a causa dell'andamento delle principali reazioni di gassificazione, è favorita da temperature elevate a partire da 400 °C (Fig. 3.1); inoltre, data la lentezza di tale reazione, è molto difficile raggiungere l'equilibrio termodinamico.

I problemi connessi a questa tecnologia, ancora in fase di sperimentazione, si incontrano a valle del processo di gassificazione e sono legati principalmente al suo basso potere calorifico ed alle impurità presenti nel gas (polveri, catrami e metalli pesanti).

I vantaggi della gassificazione rispetto alla più tradizionale combustione possono essere così riassunti:

- ✓ Elevato rendimento di generazione elettrica, anche a piccola scala;
- ✓ Buone prospettive di utilizzo in impianti di teleriscaldamento (central heating plant, anche combined heat and power generation CHP);
- ✓ Emissioni e relative esternalità più contenute.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>32 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Il processo di piro-gassificazione si sviluppa in queste fasi:

- ✓ essiccamento, in cui evapora tutta l'umidità;
- ✓ pirolisi, che produce gas di pirolisi, idrocarburi pesanti (TAR) in fase gassosa e il residuo carbonioso solido (CHAR);
- ✓ gassificazione, in cui avviene la riduzione del residuo carbonioso secondo le reazioni viste nel paragrafo precedente;
- ✓ reazioni esotermiche di combustione, che forniscono il calore necessario alle precedenti reazioni;

La percentuale dei prodotti di questo processo dipende in gran parte dalla efficienza dello scambio termico e dalle massime temperature raggiunte; la composizione dei gas prodotti è influenzata principalmente dal contenuto di umidità e dalla pezzatura del combustibile e dalla temperatura a cui avvengono le reazioni.

Un sistema per la produzione di potenza da gassificazione di biomassa quindi si compone principalmente di tre distinte zone: la zona di pretrattamento ed alimentazione, la zona di gassificazione e pulizia del syngas prodotto, la zona di produzione di potenza attraverso turbine (a gas o a vapore) o motori a combustione interna.

Ogni impianto che utilizza biomassa come combustibile deve prevedere, ovviamente, una zona dedicata allo stoccaggio del materiale proveniente dall'esterno e alla sua preparazione prima che questo vada ad alimentare il gassificatore; a seconda del tipo di materiale utilizzato quindi, ed in particolare delle sue dimensioni, saranno diversi i macchinari necessari a questo tipo di operazioni: carri ponte per il trasporto dalla zona di conferimento alla zona di pretrattamento vera e propria; trituratori in grado di rendere il materiale grossolano, delle dimensioni adatte al suo utilizzo; nastri trasportatori per la movimentazione del materiale tritato; sistemi per la rimozione di eventuali oggetti metallici mescolati al materiale; trasportatori pneumatici o a coclea per l'alimentazione vera e propria del gassificatore; cicloni separatori e filtri per il trattenimento delle polveri

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>33 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

di legno; dispositivi che garantiscano la completa sicurezza delle operazioni svolte; motori elettrici per la movimentazione di tutti i dispositivi meccanici presenti.

La parte che tuttavia riveste la maggiore importanza in questa zona è quella dedicata all'essiccamento: come abbiamo già visto e come vedremo in seguito, la percentuale di umidità presente nella biomassa influisce molto sui rendimenti dei processi di conversione che la interesseranno; oltre quindi ad essere una fase delicata in quanto determina le caratteristiche energetiche del combustibile, è anche una fase che richiede un importante apporto energetico dal resto del sistema, con un inevitabile decremento dell'efficienza globale dell'impianto ed un incremento del costo capitale complessivo (il sistema di essiccamento raggiunge costi quasi comparabili al sistema di gassificazione). Un'umidità ritenuta accettabile in termini energetici e di costo si aggira intorno al 15-20% del peso totale della biomassa.

I processi di gassificazione utilizzano vari sistemi di pulizia del gas prodotto; tali sistemi devono sia offrire garanzie sulla qualità del gas ottenuto nel rispetto delle vigenti normative sulle emissioni inquinanti, sia garantire gli specifici requisiti richiesti dai componenti posti a valle del gassificatore, con particolare riguardo ai componenti dedicati alla generazione di potenza. Successivamente vengono elencati i principali processi relativi al trattamento del syngas mentre più avanti verranno analizzati gli specifici requisiti riguardanti i suddetti componenti.

*Particolato carbonioso.* Le particelle contenute nel gas di sintesi vengono rimosse attraverso batterie di filtri in grado di lavorare ad alte temperature, che, unitamente a cicloni separatori e torri di lavaggio, riescono ad ottenere efficienze di abbattimento del 99%. In particolare i filtri elettrostatici sono molto indicati per l'eliminazione di fuliggine in sospensione nel gas combustibile. Il principale inconveniente è la reperibilità di materiali che mantengono le proprietà elettrostatiche anche alle alte temperature (isolanti), compatibilmente con la capacità delle particelle di polvere di caricarsi elettricamente. I filtri elettrostatici sono esposti al rischio di incendio nel caso in cui si formi al loro interno una miscela esplosiva ricca di ossigeno. Il principale inconveniente

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>34 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Università' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

di questi sistemi è rappresentato dal pericolo di intasamento dovuto alla deposizione di fuliggine, con conseguente diminuzione dell'efficienza del processo e aumento dei costi di manutenzione.

I costruttori di turbine a gas e motori a pistoni hanno fissato dei valori limite per quanto riguarda le particelle indesiderate nel gas:

- ✓ Turbine a gas → inferiore a 30 mg/m<sup>3</sup>
- ✓ Motori a combustione interna → compreso in un range tra 50 e 100 mg/m<sup>3</sup>

**TAR.** La presenza del TAR nei gas prodotti dal processo di gassificazione della biomassa è sicuramente ciò che fino ad oggi ha limitato lo sviluppo di questo tipo di tecnologia. Con il termine TAR si considera un ampio spettro di componenti organici, generalmente costituiti da diversi anelli aromatici ed aventi un peso molecolare maggiore di quello del benzene (che non è considerato TAR); in realtà le definizioni del TAR sono molteplici e solo ultimamente si sta cercando di proporre una definizione universalmente riconosciuta e definitiva attraverso studi più approfonditi. Il problema principale connesso al TAR è legato al suo punto di rugiada che fa sì che a temperature relativamente alte esso saturi il gas in cui è presente, condensando: questo processo porta alla formazione di un aerosol che, deponendosi sulle strutture, provoca grossi problemi di sporcamento ed intasamento delle stesse. In maniera ancora più decisiva, le gocce di TAR condensato presenti nel flusso del syngas andrebbero a danneggiare più seriamente il funzionamento dei componenti a valle riducendone drasticamente le prestazioni. Questo prodotto della gassificazione inoltre, oltre ad essere altamente compromettente la funzionalità dell'impianto, è altamente inquinante e cancerogeno e, quando rimosso dal flusso di gas principale, deve essere trattato con opportuni accorgimenti.

Sono due i metodi principali per eliminare il TAR presente nel syngas: uno si propone di distruggerlo attraverso il suo "cracking", l'altro si propone di rimuoverlo utilizzando un fluido di lavaggio (che generalmente è acqua); la scelta del tipo di procedimento è funzione anche degli utilizzi finali del syngas prodotto.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>35 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Il “cracking” del TAR può avvenire per via catalitica o per via termica: nel primo caso il syngas carico di TAR viene a contatto con un catalizzatore (dolomite o nickel) che ne provoca la decomposizione, nel secondo se ne ha una parziale ossidazione attraverso l’aggiunta di aria od ossigeno al flusso principale, con un conseguente aumento delle temperature e dei livelli di CO<sub>2</sub>; in entrambi i casi si ha una diminuzione dell’efficienza ed un aumento dei costi.

La rimozione del TAR è invece un processo fisico di pulizia del syngas che avviene a valle del gassificatore e che, allo stato attuale, sembra essere la tecnologia preferita dai costruttori nonostante produca grossi problemi legati all’inquinamento dei fluidi usati dal processo; il metodo consiste nell’abbassare la temperatura del syngas attraverso il contatto (diretto o indiretto) con un fluido (generalmente acqua) a temperatura inferiore, provocando così la graduale condensazione degli idrocarburi pesanti in esso presenti fino alla loro completa rimozione. Il range di temperature coinvolte dal processo è variabile in funzione della composizione del TAR ma in generale la condensazione ha inizio, a pressione atmosferica, a partire da valori intorno ai 200-250 °C per arrivare a valori anche molto al disotto dello zero (-50°C).

Se il contatto tra il syngas e il fluido di lavaggio è diretto si ha l’inevitabile contaminazione di tale fluido che dovrà necessariamente essere ulteriormente depurato; se il contatto tra i due flussi è indiretto si cerca di evitare la contemporanea condensazione del TAR e del vapore presente nel syngas, mantenendo le temperatura del processo al di sopra della temperatura di rugiada dell’acqua ed evitando così di dover ricorrere ad un successivo intervento di depurazione. Il processo che ad oggi consente una sicura rimozione del gran parte del TAR presente è quello per contatto diretto che viene attuato mediante l’utilizzo di componenti chiamati SCRUBBER (Figura 2.2): essi sono formati da una torre di lavaggio nella quale il gas fluisce dal basso verso l’alto, investito nella parte alta da un getto d’acqua polverizzata; a seconda delle temperature e portate in gioco, si ha un deciso raffreddamento del syngas ed un trasferimento di calore e massa al liquido di lavaggio che andrà depurato, parzialmente reintegrato e raffreddato prima di essere ulteriormente utilizzato.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>36 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Una soluzione alternativa può essere quella di recuperare il TAR per bruciarlo in un sistema integrato gassificatore-turbina allo scopo di produrre energia elettrica: tale soluzione è senz'altro giustificata dal fatto che il TAR, essendo un idrocarburo pesante composto in larga percentuale da carbonio, presenta un potere calorifico assolutamente non trascurabile.

Come accennato in precedenza e come sottolineato più avanti, se l'utilizzo del syngas deve avvenire ad alte temperature o pressioni, come nel caso della sua combustione diretta in forni o boilers o del suo utilizzo per alimentare un turbogas, diventa superfluo il trattamento per la rimozione dei TAR perché rimarrebbero allo stato gassoso; questo trattamento risulta invece fondamentale per l'utilizzo con motori a combustione interna dove le temperature in gioco sono nettamente inferiori.

La temperatura del gas in ingresso infatti, nel caso dei motori a combustione interna, deve essere mantenuta bassa in modo tale da massimizzare l'efficienza volumetrica. A questo proposito è utile ricordare che l'efficienza si abbassa di circa l'1% per ogni 10°C al di sopra della temperatura ambiente. I valori limite del TAR per quanto riguarda turbine e motori a combustione interna sono:

- ✓ Turbine a gas → inferiore a 0.5 mg/m<sup>3</sup>
- ✓ Motori a combustione interna → inferiore a 50 mg/m<sup>3</sup>

*Composti alcalini metallici.* Sono presenti in fase vapore alle alte temperature e spesso attraversano i sistemi di filtraggio del particolato; al di sotto dei 600°C condensano depositandosi sulle particelle presenti nel gas e possono venire catturati dai filtri o rimossi dai sistemi di lavaggio. Sono particolarmente pericolosi soprattutto perché corrosivi alle temperature dei primi stadi delle turbine e la loro concentrazione non deve superare le 0.1 ppm .

*Azoto presente nel combustibile.* Fino all' 80% dell'azoto presente nel combustibile è convertito in ammoniaca e altri composti azotati durante il processo di gassificazione; questi composti provocano la formazione di NOx al momento della combustione del

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>37 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

syngas. E' possibile ovviare a questo inconveniente utilizzando biomasse con bassi contenuti di azoto, attraverso un lavaggio del syngas prodotto o con tecnologie per l'abbattimento degli NO<sub>x</sub> una volta formati nel processo di combustione.

*Zolfo.* I problemi legati alla presenza di zolfo riguardano le applicazioni in cui sono presenti turbine, le quali richiedono particolari requisiti di pulizia; solitamente i bassi contenuti di zolfo nelle biomasse rendono soddisfatti questi requisiti, soprattutto nei confronti dei tenori di zolfo presenti nel carbone.

Le difficoltà e le tecnologie coinvolte nel gas-cleaning quindi, dipendono da diversi fattori quali il tipo di gassificatore (updraft, downdraft, a letto fluido, contro-corrente), le dimensioni dell'impianto, il tipo di biomassa utilizzata, le procedure operative utilizzate, la necessità di dover trasportare il gas e, non ultimo, l'utilizzo stesso che si intende fare del gas prodotto.

Al contempo le soluzioni impiegate devono tenere in debita considerazione le caratteristiche intrinseche del sito quali per esempio la disponibilità di acqua, potenza, etc.

In generale comunque la scelta della tecnologia da impiegare per il gas-cleaning dipende essenzialmente dall'utilizzo e dalle applicazioni a valle del gassificatore.

La potenza elettrica generata attraverso un sistema integrato gassificatore motore a combustione interna/turbogas può variare da qualche decina di kW di piccoli impianti alle decine di MW di impianti combinati di grossa taglia; la produzione di elettricità è infatti sempre associata alla produzione di vapore per una turbina a vapore oppure, nel caso di taglie più ridotte, alla cogenerazione di calore per utenze termiche. Soventi sono anche le applicazioni in cui il syngas viene bruciato direttamente per produrre calore. La potenza elettrica generata può venire immessa direttamente in rete o messa a disposizione di un utenza nelle vicinanze dell'impianto.

In diverse sezioni dell'impianto è possibile recuperare calore sia da utilizzare per la produzione di vapore da far espandere in un ciclo combinato o per la produzione di

 <small>MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA</small> <small>il tuo futuro è il nostro impegno</small>	<b>PROGETTO BIOMASS</b>	<i>Page</i>	38 of 43
<b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b>		<i>Date:</i>	28/09/2009
 <b>Università' degli Studi Di Genova</b>		 <b>Thermochemical Power Group</b>	

acqua calda utilizzabile da una utenza termica, sia da utilizzare in altre sezioni dell'impianto che lo richiedono.

Se il syngas in uscita dal gassificatore ha temperature molto alte, dell'ordine dei 600-1000 °C, esso deve essere raffreddato prima di passare attraverso i componenti dedicati alla sua pulizia che non sopportano temperature troppo elevate; nel caso sia presente un sistema di lavaggio, la temperatura del gas si riduce fino a livelli intorno ai 30-40 °C: questo ulteriore calore può essere recuperato dal fluido usato nel processo; se il gassificatore è accoppiato ad un motore a combustione interna, una notevole quantità di calore può essere recuperata sia dai gas di scarico che dal liquido di raffreddamento; se invece l'utilizzatore è una turbina, il calore dei gas di scarico può venire utilizzato prima dell'immissione in atmosfera. Una parte del calore recuperato potrebbe servire all'interno dell'impianto stesso per il preriscaldamento dell'aria e per la produzione del vapore necessari al processo di gassificazione.

#### **5.4 Caldaie per la sola produzione di potenza termica**

Il mercato della tecnologia per la produzione di potenza attraverso le biomasse comprende anche le caldaie di piccola / media taglia per la produzione esclusiva di calore da distribuire mediante piccoli o grandi reti di teleriscaldamento.

Si passa dalle poche decine di kW degli impianti di riscaldamento domestici alle grandi centrali da diversi MW che distribuiscono il calore a svariate utenze attraverso reti di teleriscaldamento lunghe diverse centinaia di metri, passando attraverso le caldaie di media potenza (tra i 100 ed i 1000 kW) per la generazione di calore necessario a riscaldare medie utenze quali alberghi, grandi condomini, grandi magazzini, serre ortofloricole ecc.

In tutti i casi citati, la tecnologia prevede il riscaldamento di un vettore energetico (elusivamente acqua) che viene portato alla temperatura prossima all'ebollizione attraverso la combustione della biomassa nelle classiche caldaie di diversa potenza e dimensione e fatto circolare in un circuito idraulico appositamente realizzato per il trasporto dell'energia termica necessaria a riscaldare gli ambienti desiderati.

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>39 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

Attraverso i sistemi moderni disponibili è oggi possibile utilizzare il calore (la cui domanda, al di là di specifiche esigenze industriali, è concentrata nel periodo freddo invernale) anche durante la stagione più calda potendo essere convertito in un flusso frigorifero attraverso macchine ad assorbimento. Questo processo permette di avere uno sfruttamento maggiore del calore prodotto dalla caldaia potendolo utilizzare anche durante il periodo caldo ed elevando così il rendimento globale del sistema termodinamico di molti punti percentuali considerando il funzionamento delle caldaie nel periodo annuale e non solo in quello del riscaldamento invernale.

Le principali caratteristiche costruttive delle moderne caldaie a biomassa vengono elencate di seguito. Si tratta principalmente di caldaie a tubi di fumo in cui il calore contenuto nei fumi della combustione viene convogliato in una serie di tubi posti al di sopra del corpo caldaia e immersi nel fluido vettore (acqua) che si riscalda alla temperatura desiderata e viene convogliato al circuito di riscaldamento.

- ✓ sistemi di stoccaggio della biomassa (diverso per ogni tipo di biomassa) adattabili alle diverse esigenze e caratteristiche del sito di installazione: si passa dalla semplice tramoggia a carico manuale a sistemi di carico automatico a rastrelli, a spintori, a trasporto pneumatico, a bracci rotanti, a nastro con silos interrati piuttosto che container scarrabili o sistemi di stoccaggio a silos all'aperto o a contenitori che si possono adattare alle diverse esigenze di spazio;
- ✓ sistemi di caricamento della biomassa dotati di diversi sistemi anti incendio, anti ritorno di fiamma e di interruzione dell'alimentazione in casi di guasto o fermo della caldaia; si passa dalla semplice chiusura di una valvola a saracinesca, a valvole stellari ad elevata durezza, a sistemi a gravità, a sistemi di allagamento delle zone prospicienti alla caldaia con acqua o sostanze estinguenti;
- ✓ sistemi di combustione della biomassa in grado di utilizzare diversi tipi di alimentazione: vengono usate le griglie fisse, quelle mobili, quelle rotanti o sistemi a bruciatore in cui la biomassa viene prima gassificata e poi vengono combusto i gas di gassificazione prodotti;

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>40 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

- ✓ sistemi di adduzione dell'aria comburente con regolazioni automatizzate ed in diversi punti della caldaia per una migliore combustione ed una minore produzione di sostanze inquinanti;
- ✓ sistemi di trasferimento del calore dai fumi della combustione al fluido vettore in grado di massimizzare lo scambio termico;
- ✓ sistemi di pulizia dei tubi di fumo automatizzati: tubi di fumo orizzontali permettono una caduta delle ceneri ancora presenti nei fumi e del particolato per gravità mentre sistemi di rimozione pneumatica o meccanica rimuovono le incrostazioni aumentando lo scambio termico;
- ✓ sistemi a sonda lambda per il controllo delle emissioni e la regolazione dell'aria comburente in funzione dei tenori di ossigeno rilevati nei gas di scarico: questi sistemi permettono alti rendimenti anche in condizioni di funzionamento lontane da quelle nominali, possibilità di regolare la portata di aria comburente al variare del combustibile utilizzato, diminuire l'aria in eccesso mantenendola ai livelli costanti ottimali;
- ✓ sistemi di rimozione delle ceneri per lo più automatizzati con coclee in grado di raccogliere le stesse in appositi contenitori pronti per essere rimossi;
- ✓ sistemi di abbattimento del particolato residuo nei fumi della combustione attraverso l'utilizzo di cicloni depolveratori, di filtri elettrostatici, di filtri a maniche, a volte integrati nell'involucro stesso della caldaia;
- ✓ sistemi automatizzati per il controllo e la regolazione di tutti i parametri di funzionamento del sistema combustibile, caldaia, distribuzione del calore.

Nella tabella 5.1 si riporta un elenco dei principali costruttori di caldaie per la produzione di acqua calda di presenti attualmente sul mercato italiano.



Università' degli Studi Di Genova



Thermochemical Power Group

caldaie per la produzione di acqua calda

Andolfatto s.r.l.	D'Alessandro s.r.l.
Binder GmbH	CMD s.r.l.
Eta s.r.l.	Tatano Energie Alternative
Ferrolì s.p.a.	SibSiber s.r.l.
Froling s.r.l.	Equador
KWB s.r.l.	Unirossi s.r.l.
Nuova Valmaggi s.r.l.	C.T. Pasqualicchio s.a.s.
Okofen GmbH	Faci s.a.s
Seb s.a.s.	Thermorossi s.p.a.
Uniconfort s.r.l.	F.Ili Lavia s.n.c.
Viessman s.r.l.	Comec s.r.l.
Schmid GmbH	Vulcania s.r.l.
Mepe s.r.l.	Berton caldaie
Tecnoair s.r.l.	Arca s.r.l.
Reenergy s.r.l.	Tecnical s.r.l.
San-Hell GmbH	Unical s.r.l.
Herz GmbH	Baucenter s.n.c.
Tiba-Muller GmbH	Hargassner GmbH
Buderus s.p.a.	Osa caldaie s.r.l.
Riello s.p.a.	CCT s.r.l.
Kiv d.d.	

**Tabella 5.1 - Principali aziende produttrici di caldaie a biomassa per la produzione di acqua calda presenti sul mercato italiano**

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>42 of 43</p>
<p>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p>Università' degli Studi Di Genova</p>	 <p>Thermochemical Power Group</p>		

## 6.0 NORMATIVA REGIONALE IN TEMA DI ENERGIA

- ✓ Legge regionale 30 dicembre 1998, n.38  
“Disciplina della valutazione di impatto ambientale”
- ✓ successive modifiche ed integrazioni di tale legge:
  - Delibera della Giunta Regionale (di seguito D.G.R.) n.61 del 12/10/99 e n. 51 del 3/10/00 apportanti modifiche ed integrazioni agli allegati 2 e 3;
  - D.G.R. n. 57 del 19/01/01 recante la sostituzione dell’elenco delle opere e degli impianti soggetti a VIA statale;
  - D.G.R. n. 752 del 12/7/02 recante modifiche alle norme tecniche della VIA regionale e della verifica/screening;
  - D.G.R. n. 965 del 5/9/02 recante i criteri per la elaborazione della relazione di verifica/screening di cui all’art. 10 della L.R. 38/98 per gli impianti di produzione di energia da biomassa;
  - Deliberazione del Consiglio Regionale (di seguito D.C.R.) n. 59 del 12/11/02 recante modifiche ed integrazioni agli allegati 2 e 3;
  - D.C.R. n. 19 del 5/8/04 recante la sostituzione degli allegati 2 e 3;
  - D.G.R. n. 113 del 10/2/06 recante l’integrazione all’elenco delle opere assoggettate a VIA statale;
  - D.C.R. n. 7 del 15/3/06 recante l’integrazione degli allegati 2 e 3 e la sostituzione dell’allegato 5;
  - D.G.R. n. 183 del 26/2/08 recante indirizzi e criteri per la valorizzazione energetica delle biomasse e norme tecniche per la VIA;
  - D.G.R. n. 551 del 23/5/08 recante norme tecniche art. 16 l.r. 38/98. Indirizzi per lo sfruttamento delle energie rinnovabili.
- ✓ Legge Regionale 29 maggio 2007, n. 22 e successive modifiche ed integrazioni  
“Norme in materia di energia”

	<p><b>PROGETTO BIOMASS</b></p>	<p>Page</p>	<p>43 of 43</p>
<p><b>Relazione riassuntiva circa lo stato dell'arte delle biomasse forestali in Liguria</b></p>		<p>Date:</p>	<p>28/09/2009</p>
 <p><b>Universita' degli Studi Di Genova</b></p>		 <p><b>Thermochemical Power Group</b></p>	

- L.R 6/6/08 n. 14;
- L.R. 6/6/08 n. 16;
- L.R. 24/11/08 n. 42;
- L.R. 11/5/09 n. 16

✓ Piano Energetico Ambientale Regionale