



**Regione Lombardia**

Direzione Generale Agricoltura

U.O. Programma e Ricerca per le filiere agroindustriali  
Struttura Ricerca e Innovazione Tecnologica

**Programma regionale di ricerca in campo agricolo 2004/2006**  
**Invito permanente**

***Progetto REPE 1011***

***“Analisi ambientale energetica e gestionale per il recupero  
della pollina a scopo energetico”***

**RELAZIONE DI SINTESI**



**greenenergy**  
opportunit  ambiente



**Progetto REPE 1011**  
**"Analisi ambientale energetica e gestionale per il recupero della  
pollina a scopo energetico"**

**RELAZIONE DI SINTESI**

**PARTNER E OBIETTIVI**

Il progetto **"Analisi ambientale energetica e gestionale per il recupero della pollina a scopo energetico" REPE, ID progetto 1011** è stato realizzato nell'ambito del **Programma regionale di ricerca in campo agricolo 2004/2006 – Invito permanente**.

Tra gli obiettivi generali del programma sono stati perseguiti quelli indicati nel **punto 1** "Introduzione dell'innovazione di processo e di prodotto a livello aziendale e/o di filiera" e nel **punto 5** "Introduzione di innovazioni rivolte alla conservazione e valorizzazione del territorio anche in funzione delle finalità socio- economiche svolte dal sistema agricolo". In particolare, il progetto voleva dimostrare la possibilità di recuperare la pollina a scopo energetico mediante conversione diretta.

Obiettivo è stato il monitoraggio di test di combustione e gassificazione su piccola-media scala analizzando le emissioni in atmosfera, i residui solidi sotto forma di ceneri, e, in generale, le problematiche gestionali interne all'azienda.

Si è valutata la compatibilità ambientale e tecnologica (ed economica) del recupero della pollina a scopo energetico in impianti di piccola-media scala da inserire direttamente presso le aziende avicole rispetto all'utilizzo di gasolio e/o gas naturale. Prodotto aggiunto del progetto è stata la progettazione, lo sviluppo e l'adeguamento dei gassificatori e delle caldaie per biomassa legnosa alla pollina pura o miscelata.

I principali destinatari dei risultati sono gli avicoltori ed il mondo agricolo. Godranno dei benefici derivanti dalla ricerca anche le aziende del settore gassificazione e combustione della biomassa, che otterranno indicazioni circa le modifiche da apportare ai prodotti al fine di renderli utilizzabili anche con la pollina.

Le fasi secondo cui si è sviluppato il progetto sono le seguenti:

1. Analisi chimico fisica del prodotto e delle biomasse da miscelare. Le variabili individuate sono state la composizione chimica, l'umidità intrinseca, il potere calorifico inferiore.
2. Analisi delle emissioni in atmosfera durante la conversione energetica con i prototipi esistenti. Si sono effettuate analisi in continuo delle emissioni durante il processo di combustione/gassificazione della pollina.
3. Test di conversione energetica: parallelamente alla fase precedente si sono analizzati il quantitativo di calore/elettricità prodotto, il pci (potere calorifico intrinseco) ed il quantitativo di gasogeno
4. Progettazione e realizzazione delle modifiche dell'impianto: i risultati dei punti precedenti hanno portato indicazioni importanti da applicare nella fase

di progettazione/modifica dell'impianto. Questa prima fase ha portato all'esecuzione di una progettazione teorica alla quale potrà seguire nel futuro la realizzazione di modifiche reali su un impianto dimostrativo di piccola scala (non effettuate all'interno del progetto).

5. Redazione delle valutazioni tecnico ambientali applicando la metodologia LCA: si è valutata l'iniziativa da un punto di vista ambientale, economico e sociale. La valutazione è stata oggetto di ogni serie di test, in modo da permettere un'ottica dell'impatto che l'iniziativa potrà avere dal punto di vista della società.

Sono state effettuate iniziative per il trasferimento dei risultati. Notevole successo ha riscontrato il convegno organizzato in data 31 ottobre 2007 dal titolo "**RECUPERO ENERGETICO DELLA POLLINA – Possibili soluzioni**" al quale hanno partecipato, oltre ai partner di progetto, Aristide Peli, Vice Presidente della Provincia di Brescia e Fabio Araldi dell'ERSAF Lombardia; Antonio Panvini del Comitato Termotecnico Italiano (CTI - EA), impegnato in un progetto simile a quello in oggetto e sempre finanziato dal Programma regionale di ricerca; sono stati inoltre invitati Massimiliano Dal Corso della Pro Ambiente GmbH-S.r.l. e Paolo Di Sabatino, Amministratore Delegato della Solenia SA in qualità di portatori della loro esperienza all'estero nel campo del recupero energetico della pollina.

Tutti i risultati del progetto e gli interventi del suddetto convegno saranno pubblicati in una sezione appositamente dedicata del sito internet del CRASL [www.crasl.unicatt.it](http://www.crasl.unicatt.it) e sono forniti nel cd rom allegato.

I partner di progetto sono la ditta Giemme di G. Mola, lo Studio Associato Green Energy e il centro di ricerche CRASL dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Brescia.

La ditta **Giemme di Mola** è stata fondata nel 1976 da Giuseppe Mola (dopo 20 anni di esperienza come conto terzista nel settore agricolo) iniziando la sua attività in collaborazione con un allevatore di pollame nella risoluzione del problema del carico avicolo all'epoca completamente manuale.

Da circa 30 anni la ditta Giemme è leader nel settore del carico avicolo, in particolare come costruttrice di diversi modelli di macchine carica polli e tacchini automatiche brevettate in Italia e all'estero dalla stessa.

All'interno del progetto ha avuto il compito di predisporre tutti i macchinari e prototipi necessari alla sperimentazione; in particolare, li ha predisposti in modo tale da favorire l'elaborazione dei test sperimentali e permettere un'agevole raccolta dati sia per il CRASL che per Green Energy.

Lo **Studio Associato Green Energy** è uno studio di progettazione e consulenza ambientale atto a divulgare l'impiego di soluzioni tecnologicamente avanzate per ottenere il più equo utilizzo del territorio, si propone di migliorare la gestione ambientale della società mediante azioni che riducano l'impatto ambientale delle attività e realizzino un contenimento dei costi e degli sprechi con un utilizzo più razionale delle risorse.

Nello specifico si è occupata di:

- Coordinamento azioni tecniche
- Valutazioni energetiche
- Ipotesi di iter procedurale per l'approvazione di impianti di recupero della pollina a scopo energetico di piccola taglia

Il **CRASL** - Centro di Ricerche per l'Ambiente e lo Sviluppo sostenibile della Lombardia - è una struttura stabile di ricerca dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, creata presso la Sede di Brescia, dipartimento di Matematica e Fisica, per lo studio delle condizioni di sostenibilità dello sviluppo economico entro i vincoli posti dagli equilibri ambientali, con una particolare attenzione alla compatibilità tra sviluppo sostenibile locale e sviluppo globale.

Nello specifico si è occupato di:

- coordinare ed organizzare i test per la valutazione degli impatti ambientali sia per le emissioni in atmosfera, sia per i residui solidi e/o liquidi;
- Sviluppare valutazioni del tipo Life Cycle Assessment -LCA al fine di valutare il reale impatto ambientale e di confrontarlo con quello di fonti energetiche tradizionali;
- Considerazioni sui reali vantaggi derivanti da queste tecnologie all'interno delle aziende avicole considerando l'intera filiera della pollina.

### **Obiettivi del progetto**

Scopo del progetto è stato la valutazione della pollina come biomassa da poter utilizzare come combustibile (in caldaia e in un gassificatore) ai fini di un suo utilizzo a scopo energetico.

Attualmente la pollina derivante dall'allevamento degli avicoltori in Italia ha come canale di smaltimento il conferimento alla Italpollina o ditte simili le quali provvedono allo smaltimento in discarica oppure alla conversione quale ammendante. Gli avicoltori possono inoltre smaltire parzialmente il residuo in campo. Attualmente infatti la normativa considera la pollina come rifiuto. Il recupero energetico della pollina è legato alle metodologie applicate per il combustibile da rifiuti (CDR) secondo la DGR 6 agosto 2002 o come letame per la produzione di biogas.

La ricerca di un possibile utilizzo della pollina a scopo energetico nasce dal fatto che si ha una "sovrapproduzione" negli allevamenti rispetto ai quantitativi che si possono destinare all'agricoltura come ammendanti. Mentre all'estero sono stati costruiti anche grandi impianti alimentati esclusivamente a pollina, in Italia la loro costruzione è stata oggetto di polemiche e il dibattito rimane aperto. Attualmente in Italia è possibile utilizzare la pollina a scopo energetico solo per impianti di potenza superiore ai 6 MWe. In effetti in mancanza di studi che dimostrino in modo inequivocabile i vantaggi del suo utilizzo come combustibile rispetto ai combustibili "classici" e soprattutto di campagne di monitoraggio delle emissioni i cui risultati rispettino i limiti di

legge di tutti gli inquinanti normati, l'opinione pubblica rimane influenzata da casi clamorosi come l'influenza aviaria, mangimi contaminati da diossine, ecc. L'utilità è evidente sia a livello gestionale che ambientale. Dal punto di vista economico si potrebbero ridurre i costi di smaltimento della pollina e di approvvigionamento energetico all'interno degli allevamenti avicoli (aziende "a ciclo chiuso"), mentre dal punto di vista ambientale si eviterebbero i costi ambientali legati al trasporto della pollina stessa ai fini del suo smaltimento e all'utilizzo di carburanti non ambientalmente sostenibili (gasolio ecc.) all'interno delle aziende agricole.

Nell'ambito del progetto, in particolare, si sono valutati i rendimenti energetici, le emissioni a camino e la composizione delle ceneri derivante da co-combustione e gassificazione di pollina in caldaia. In funzione dei risultati delle attività sperimentali sono state apportate delle modifiche agli impianti utilizzati per ottimizzare la resa energetica e l'abbattimento delle emissioni inquinanti.

### **SITUAZIONE ATTUALE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Con il termine pollina si intende attualmente un misto di substrato, deiezioni, piume e residui di mangime; tale composto viene identificato dal **Decreto Ministeriale 5/2/98** come **rifiuto** (codice CER 020106 allegato 2 sub allegato 1 del DM 5/2/98).

Nello specifico all'interno del suddetto decreto tale rifiuto viene definito come **residuo organico costituito da escrementi del pollame e materiale di lettiera a base vegetale** proveniente da allevamenti avicoli. Data questa classificazione la pollina deve essere trattata e smaltita come un rifiuto.

Partendo da questa considerazione, gli avicoltori hanno tre possibilità davanti a sé per lo smaltimento delle deiezioni avicole:

- Ritiro da parte di ditte specializzate
- Smaltimento in campo come concime
- Recupero energetico

#### **Ritiro da parte di ditte specializzate**

Una delle possibili soluzioni per gli allevatori di pollame è il ritiro della pollina da parte di ditte terze specializzate nella produzione di fertilizzanti. Tali ditte nella loro attività devono rispettare il Regolamento **CE N. 1774/2002** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 3 ottobre 2002, recante norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano. Questa soluzione, però, implica oneri economici non indifferenti per gli avicoltori.

#### **Smaltimento in campo come concime**

Smaltire la pollina in campo in qualità di fertilizzante è pratica comune tra gli avicoltori, ma l'adeguamento alla "**Direttiva nitrati**", che limita in modo drastico lo spargimento di reflui zootecnici sui campi, porta subbuglio

anche nella nostra provincia, infatti ben 81 comuni della Bassa Franciacorta e del Basso Garda sono stati inseriti nell'elenco delle aree cosiddette "vulnerabili".

La normativa pone anche vincoli restrittivi allo spandimento dei reflui in considerazione delle condizioni del suolo, delle condizioni meteorologiche (vietato lo spargimento quando piove e con terreni ghiacciati) e aumenta gli stoccaggi dei reflui nelle vasche di contenimento (almeno 180 giorni per i liquami suini e 120 per quelli bovini).

Se l'azienda ha un carico di bestiame superiore a 8 tonnellate di peso vivo (3 tonnellate per gli allevamenti avicoli) dovrà presentare un "Pua" - piano di utilizzazione agronomica dei reflui zootecnici, autorizzato dal sindaco dopo aver acquisito il parere agronomico dalla Provincia e il parere tecnico dell'Arpa. Il piano non è necessario se l'allevamento produce meno di 1.000 kg di azoto all'anno, mentre godrà di una procedura semplificata se produce da 3.000 a 6.000 kg di azoto all'anno.

Queste restrizioni comporteranno per gli avicoltori maggiori oneri sia burocratici che economici (sarà infatti necessario aumentare la superficie dei campi a disposizione con conseguenti maggiori costi di affitto degli stessi).

### **Recupero energetico**

Tra le varie possibilità di smaltimento della pollina è annoverato, nella normativa vigente anche il recupero energetico (DM 5/2/98) ma con condizioni e vincoli estremamente rigidi e non adottabili dal singolo allevatore.

Il composto deve avere le seguenti caratteristiche al momento dell'impiego:

P.C.I. minimo	sul tal quale	8 MJ/kg
Cu composti solubili	sul tal quale	max 35 mg/kg
Cd composti solubili	sul tal quale	2 mg/kg
Pb composti solubili	sul tal quale	25 mg/kg
Ni composti solubili	sul tal quale	15 mg/kg

Il recupero energetico del rifiuto può essere effettuato attraverso la combustione in impianti dedicati di potenza termica nominale non inferiore a 6 MW e con determinate caratteristiche impiantistiche.

Gli impianti devono rispettare i seguenti valori limite alle emissioni riferiti ad un tenore di ossigeno dei fumi anidri dell'11% in volume:

<b>Zn</b> (come valore medio rilevato per un periodo di campionamento di 1 h)	5 mg/Nm <sup>3</sup>
<b>NOx</b> (come valore medio giornaliero)	200 mg/Nm <sup>3</sup>
<b>PCDD+ PCDF</b> (come diossina equivalente) (come valore medio rilevato per un periodo di campionamento di 8 ore)	0,1 ng/Nm <sup>3</sup>
<b>Idrocarburi policiclici aromatici (I.P.A.)</b> (come valore medio rilevato per un periodo di campionamento di 8 ore)	0,01 mg/Nm <sup>3</sup>

Per gli altri inquinanti si applicano i valori limite minimi di emissione fissati nel sub-allegato 2 dell'allegato 2 dello stesso decreto.

Questa soluzione quindi comporterebbe:

- iter legislativo estremamente lungo: **D.lgs. n. 152 del 03/04/2006** (Testo unico ambientale – VAS,VIA,IPPC)
- Vincoli normativi più restrittivi, in particolar modo per l'incenerimento (numerosi parametri da tenere in considerazione e con range più restrittivi) **DM 5/2/98, D.lgs. n. 133 dell'11 maggio 2005**
- Maggiore complessità gestionale: registri carico e scarico rifiuti, norme per il trasporto e l'igiene direttiva **CE 1774** (stabilisce rigide norme sanitarie e di polizia sanitaria per la raccolta, il trasporto, lo stoccaggio, la manipolazione, la trasformazione, l'uso, l'eliminazione dei sottoprodotti di origine animale) ecc.
- Maggiori costi: dovuti alla gestione e ai maggiori controlli obbligatori per legge

### **Trasporto della pollina**

Particolare attenzione va prestata al trasporto della pollina in quanto le disposizioni sono molteplici, ma le regole cambiano in funzione della destinazione del prodotto. Si tratta di un insieme di vincoli che espongono gli allevatori al grave rischio di danno economico per scelte tecniche errate e a danni altrettanto seri per le sanzioni penali in cui possono incorrere.

Il trasporto degli effluenti zootecnici e in particolare della pollina sottostà a una disciplina specifica riconducibile a tre diversi corpi normativi: il Decreto del ministero delle Politiche agricole relativo alla loro utilizzazione agronomica (decreto applicativo dell'art. 38 del D.lgs 152/99), il D.lgs 22/97 sui rifiuti (Decreto Ronchi) e il Regolamento CE 1774/2002.

### **CARATTERISTICHE CHIMICHE DELLA POLLINA**

I valori di emissione dei diversi parametri a camino e la composizione delle ceneri sono legati alla composizione chimica del combustibile primario, in questo caso pollina. Innanzitutto, quindi, è stata effettuata l'analisi chimica di un campione di lettiera (composta da pollina all'80% e segatura al 20%) per quanto riguarda la speciazione dei metalli presenti. Ne emerge un valore di Cloro elevato, riscontrato anche nella composizione chimica delle ceneri, che si spiega con le normali pratiche utilizzate nell'allevamento per la disinfezione dell'area adibita ai polli e con la somministrazione di medicinali agli animali. Inoltre si riscontra un valore elevato di Rame (> 35 mg/kg) che è legato alla composizione chimica di particolari integratori alimentari somministrati ai polli.

I risultati dell'analisi chimica della pollina, ovviamente, sono strettamente collegati alla composizione del mangime somministrato ai polli durante la loro crescita. In base alle informazioni ricevute dall'allevatore che ha fornito la pollina, è stata studiata la composizione del mangime e degli integratori

alimentari somministrati al pollame. Bisogna tuttavia tener conto che nelle diverse fasi di crescita degli animali l'alimentazione può variare e probabilmente saranno necessari ulteriori approfondimenti, fondamentali anche per valutare gli effetti degli usi di medicinali, disinfettanti, ecc..

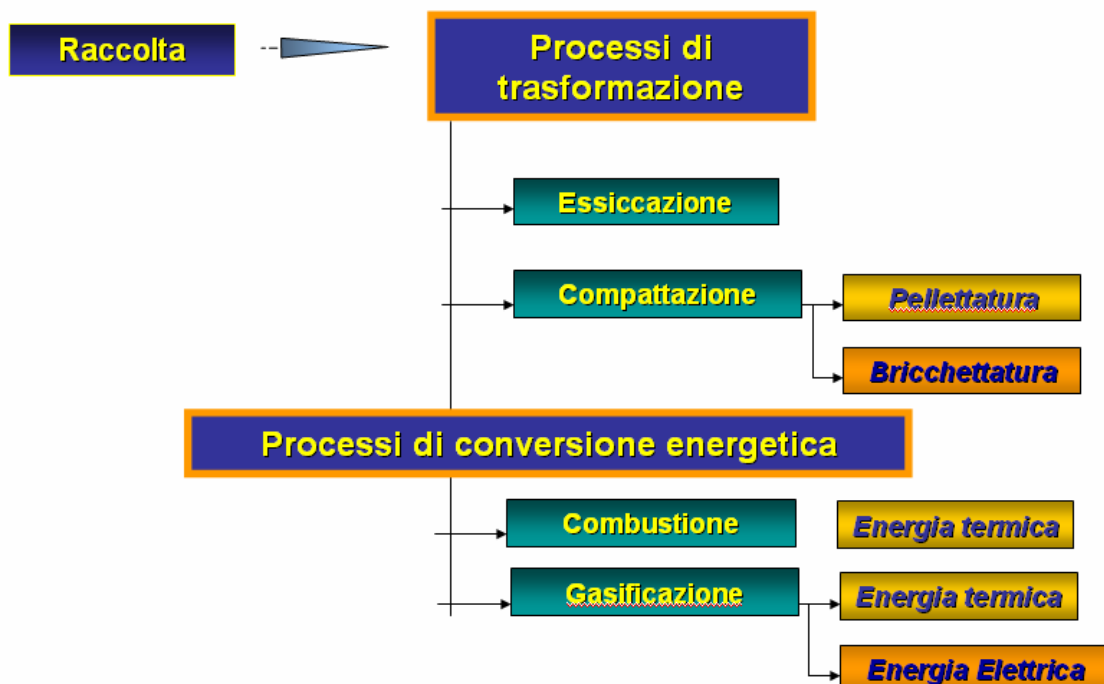
## **PROCESSI DI CONVERSIONE ENERGETICA ADOTTABILI PER LA POLLINA**

Le tecnologie di conversione energetica ritenute più idonee per la pollina e di conseguenza analizzate e sperimentate in questo studio sono:

- Combustione
- Gassificazione

La parte sperimentale del progetto è stata svolta presso due impianti sperimentali. L'impianto di combustione è stato messo a punto dalla Giemme di Mola presso un'azienda agricola che si è resa disponibile in provincia di Brescia, mentre il gassificatore è stato messo a disposizione dalla Caema S.r.l. ed è situato a S. Angelo Lodigiano.

La filiera ipotizzata ad inizio progetto per la pollina, che prendeva spunto dalla filiera standard seguita per il recupero energetico delle biomasse, è rappresentata nella seguente figura:



Rispetto a questo schema, durante la sperimentazione, si è rilevata non necessaria la fase di essiccazione sia per la combustione che per la gassificazione in quanto la pollina ha di per sé una bassa umidità. Si è invece rivelata necessaria una fase di compattazione, più specificatamente bricchettatura, per il processo di gassificazione.



## **Combustione**

L'impianto utilizzato per la sperimentazione è composto da cinque gruppi distinti:

1. Gruppo alimentazione
2. Gruppo combustione
3. Gruppo scambiatore
4. Gruppo filtro fumi
5. Gruppo camino

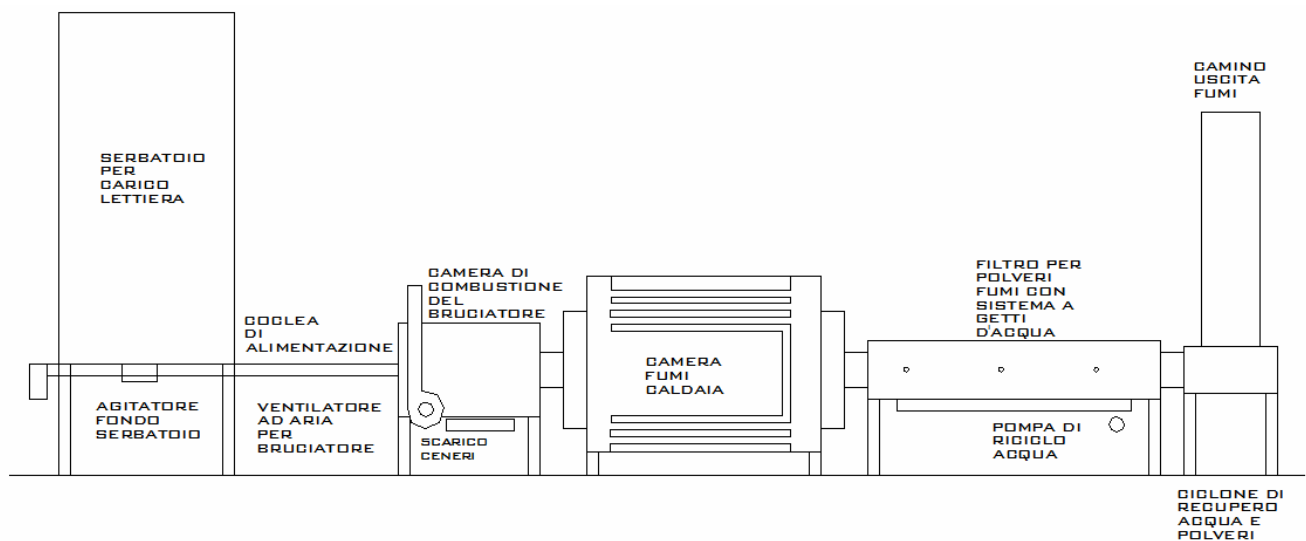
Per verificare la potenza termica dell'impianto è stato utilizzato uno scambiatore di 500.000 kcal funzionante con un bruciatore a gasolio con un consumo di 50 L/h.

La resa termica della pollina è stata misurata tenendo conto del tempo necessario all'acqua riscaldata per raggiungere i 90° C.

Il primo prototipo di bruciatore è risultato troppo piccolo, di conseguenza è stato installato un secondo bruciatore a pollina con la stessa resa del bruciatore a gasolio. Sono state riscontrate diverse difficoltà per ottenere una buona combustione della pollina nelle condizioni in cui si trova, cioè semplicemente stivata all'interno dell'allevamento, senza dover ricorrere all'utilizzo di ulteriore energia per l'asciugatura o pressaggio.

Si è quindi realizzato un impianto molto semplice da gestire e che non necessita di grossi quantitativi di energia elettrica per il suo funzionamento.

L'impianto pilota necessita di 2,5 kW di corrente elettrica per il suo funzionamento con una resa di circa 500 kW di energia termica. Tutto l'impianto funziona con due timer e 4 teleruttori ed è provvisto di un quadro elettrico simile a quello di un normale appartamento.



*Fig.1- schema dell'impianto di combustione*

## **Gassificazione**

Per il processo di gassificazione si è resa necessaria la compattazione della pollina attraverso un processo di bricchettatura. È stato utilizzato un impianto **ANKUR SCIENTIFIC "GAS-60"** (n°1 Gassificatore COMBO-100 + n°1 motore da 60 kWe) situato a S. Angelo Lodigiano e messo a disposizione dalla Caema S.r.l..

Nel caso in esame si utilizza pollina da broiler bricchettata, con percentuale di umidità del 15% circa. Il consumo medio di biomassa a regime (con gassificatore che lavora al valore nominale di progetto) è stato rilevato con prove su diverse biomasse: con il cippato di legna non trattata (umidità massima pari al 20%) è pari all'incirca a 1,1 kg/kWe; nel caso della pollina dovranno essere fatte delle prove di gassificazione in continuo per determinare l'esatta resa dell'impianto.

L'impianto GAS-60 (con potenza nominale di 60 kWe) consuma 72 kg/h di cippato di legno con un'umidità massima pari a circa il 20%, ovvero 1.720 kg per un volume di 8,5 m<sup>3</sup> di biomassa al giorno (considerando un peso specifico del cippato di legno pari a 200 kg/m<sup>3</sup>).

A valle del gassificatore c'è infine un motore endotermico a gas, con emissioni abbondantemente entro i limiti previsti per questa tipologia di motori.

L'impianto di gassificazione produce un gas con potere calorifico medio/basso pari a circa 1.200 kcal/Nm<sup>3</sup> che viene utilizzato per produrre energia elettrica tramite un motore endotermico a gas accoppiato ad un generatore elettrico. La produzione di gas per l'impianto in oggetto è pari a circa 250 Nm<sup>3</sup>/h.

Come sottoprodotto della gassificazione estratto automaticamente dal circuito ausiliario dell'acqua si ottiene carbone di legna, con potere calorifico pari a 5.500 – 6.000 kcal/kg in quantità pari a circa 3,8 kg/h per un totale, nelle 7.500 ore annue, di 28.500 kg.

Grazie alla depressione del flusso comburente/gas creata da una soffiante a canale laterale, il gas viene estratto dal gassificatore, ad una temperatura di circa 500°C. Il moto del gas comporta l'estrazione di parte del residuo solido della combustione (ceneri), di vapori di catrame e di vapore acqueo. Il corretto funzionamento dei motori è garantito da una buona pulizia del gas: si adotta a tal proposito una serie di diversi tipi di filtri, che depurano il gas dal particolato solido.

L'impianto in oggetto è dotato di un gruppo di cogenerazione che utilizza il gas prodotto per produrre energia elettrica e termica. In particolare, viene utilizzato un motore CUMMINS G-855-G con cilindrata pari a 14 litri, ad aspirazione naturale, accoppiato ad un generatore sincrono con potenza elettrica in continuo (COP) di 60kWe a 1.500 rpm (4 poli-50Hz). Il calore dei gas di scarico viene utilizzato per essiccare la biomassa in ingresso al gassificatore, quantificabile in 1kW termico per ogni kW elettrico ceduto in rete. Rimane pertanto disponibile il calore dell'acqua di raffreddamento delle camicie che può essere recuperato per alimentare, ad esempio, una rete di teleriscaldamento.

Le biomasse vegetali che possono essere utilizzate hanno diversi poteri calorifici (inferiori) variabili in base alla tipologia e al tasso di umidità.

Considerando come biomassa di riferimento il cippato di legno vergine al 20% di umidità con potere calorifico inferiore pari a 3.500 kcal/kg, equivalenti a 4,07 kWt/kg, la **potenza termica** impegnata dall'impianto a regime è pari a **267 kWt** (circa 72 kg/h consumo medio di cippato al 20%) a fronte di una **potenza elettrica** netta in rete pari a **60 kW**.

Analizzando il caso in oggetto, si può stimare una biomassa (cippato di legno vergine con caratteristiche sopra descritte) con umidità media pari al 30%, che viene essiccata prima dell'ingresso nel gassificatore, il cui consumo stimato è pari a 1,4 Kg/kWhe). Nelle 7.500 h/anno, pertanto, sono necessarie 620 tonnellate di biomassa. Per le caratteristiche della pollina si è resa necessaria una fase di bricchettatura prima dell'utilizzo nel gassificatore.

L'impianto è caratterizzato da un sistema di sicurezza intrinseco che, in tutte le condizioni, porta a spegnerlo senza pericolo, con tempi e procedure di attivazione delle sicurezze intorno ai 5 secondi. Il pericolo di fiamma è neutralizzato in 1 secondo, essendo la prima fase prevista dalla procedura di spegnimento. Ciò avviene con la chiusura istantanea degli ugelli di aspirazione dell'aria, l'unico canale che collega il reattore con l'esterno.

## **IMPATTI AMBIENTALI**

Se da un lato con queste prove si voleva verificare la validità della pollina come combustibile, cioè fattibilità impiantistica, produzione di energia, ecc., dall'altro, soprattutto, si sono monitorate le emissioni per valutarne l'impatto sull'ambiente. Dalle prove eseguite emerge sicuramente la necessità di effettuare altre campagne di misura alla luce dei risultati ottenuti. I parametri che hanno evidenziato delle problematiche e che necessiterebbero di modeste modifiche impiantistiche sono il CO e le polveri totali. Inoltre bisognerebbe indagare la provenienza dell'acido cloridrico e cercare di trovare delle soluzioni alternative all'utilizzo di disinfettanti a base di cloro.

### **Prove di combustione in caldaia**

Inizialmente sono state effettuate delle prove di combustione di pollina mista a segatura in proporzione di circa 20% in volume di pollina. In questo modo si ipotizzava di procedere incrementando di volta in volta la percentuale di pollina fino ad arrivare a quella composizione di combustibile per cui le emissioni fossero al limite del rispetto dei valori massimi consentiti dalla legge. In realtà la combustione con la pezzatura di combustibile così introdotta ha dato subito problemi in quanto non avveniva in modo efficace e per mantenere le emissioni nei limiti di legge bisognava continuamente interrompere il funzionamento dell'impianto. In seguito a questa prima campagna di monitoraggio sono state apportate modifiche impiantistiche che hanno permesso di utilizzare la caldaia con lettiera (pollina all'80% e segatura per il restante 20%) e di ottenere i valori di emissione che si riportano nel seguito.

Come valori di riferimento si sono considerati i limiti riportati nell'allegato 2 – sub-allegato 1 del D.M. 5/02/1998 *"Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5/02/1997, n.22"*.

Al punto 14 si considera il recupero di pollina derivante da allevamenti avicoli, definito come residuo organico costituito da escrementi del pollame e materiale di lettiera a base vegetale avente le seguenti caratteristiche al momento dell'impiego riportate nel capitolo 3. Il recupero energetico è previsto attraverso la combustione in impianti dedicati al recupero energetico di rifiuti di potenza termica nominale non inferiore a 6 MW e con determinate caratteristiche elencate nel decreto (benché non perfettamente rispondente al nostro caso ci fornisce comunque dei valori di riferimento in mancanza di una normativa specifica).

Inoltre devono rispettare i valori limite riportati nello stesso punto 14 riferiti ad un tenore di ossigeno dei fumi anidri dell'11% in volume. Per gli altri inquinanti i valori di riferimento sono indicati nel sub-allegato 2.

Non potendo essere superati tali limiti, ogni qual volta si raggiungeva il limite la prova veniva interrotta: i grafici nel seguito riportati per alcuni parametri sono, di conseguenza, troncati sul valore limite, per cui non si conosce l'entità del superamento che potrebbe essere anche minima.



## Prove di gassificazione e riutilizzo del gas prodotto in un motore

La seconda prova è stata effettuata presso un impianto sito in S. Angelo Lodigiano. Come valori di riferimento, in mancanza di una normativa specifica, si sono considerati i limiti riportati nel sub-allegato 1, allegato 2 del D.M. 5/02/1998. Al punto 11 si considera il recupero di "Gas derivati" provenienti da impianti di pirolisi e/o gassificazione.

L'attività di recupero per questa tipologia è prevista in impianti di conversione energetica di potenza termica nominale superiore a 6 MW. Nel caso di motori fissi a combustione interna si applicano i valori limite di emissione riferiti ad un tenore di ossigeno nei fumi anidri pari al 5% in volume riportati in tabella.

Per gli altri inquinanti si sono utilizzati i valori limite minimi di emissione fissati nell'allegato 1 alla parte quinta del d.lgs. 3 aprile 2006 n.152.

Presso l'impianto sono stati monitorati due punti, uno a valle del gassificatore per rilevare le caratteristiche del syngas, l'altro a valle del motore nel quale si è utilizzato tale syngas per produrre energia elettrica. La localizzazione dei due punti di prelievo è schematizzata in figura.

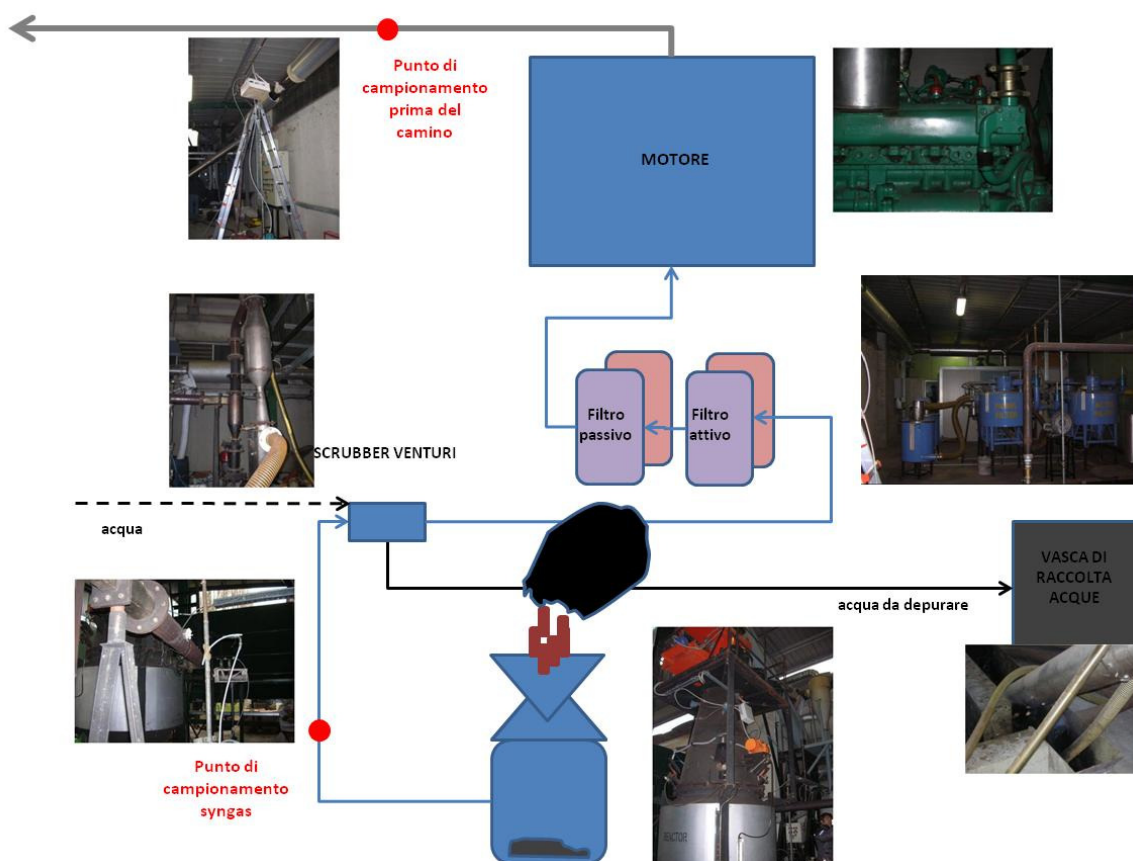


Fig.2 - schema dell'impianto e localizzazione dei punti di campionamento

## **Confronto fra le emissioni**

Le concentrazioni di inquinanti rilevate nei fumi in uscita dal motore vengono messe a confronto con i valori rilevati durante le prove di combustione nella seguenti figure. I limiti cui fanno riferimento sono diversi e vengono riportati in corrispondenza del rispettivo valore misurato.

Dal grafico relativo alle polveri totali si può subito notare che le concentrazioni risultano superiori al limite in entrambe le prove, anche se con un valore decisamente minore nel caso dell'uscita dal motore.

Nel secondo impianto la concentrazione di acido cloridrico nei fumi in uscita, oltre a essere decisamente inferiore al valore rilevato nel primo impianto, è anche largamente al di sotto del limite di emissione per tale tipologia di emissione.

Il monossido di carbonio sia nel caso della caldaia che nel caso del gassificatore-motore supera i livelli di emissione di riferimento (nel caso del motore valori decisamente superiori). Come già detto il CO è dovuto ad una combustione incompleta pertanto bastano piccole modifiche impiantistiche per abbatterne la concentrazione.

Le concentrazioni di acido fluoridrico in entrambi i casi sono risultate al di sotto dei limiti di rilevabilità strumentale e pertanto non destano preoccupazioni.

Anche gli ossidi di azoto hanno presentato concentrazioni inferiori ai limiti di legge, non risultando quindi un parametro critico.

La concentrazione di ossidi di zolfo è risultata superiore al limite nel primo caso, mentre nel caso del motore la concentrazione, oltre a essere decisamente inferiore a quella misurata in caldaia, non è neanche confrontabile al limite di legge.

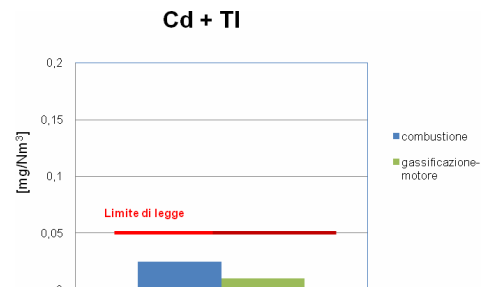
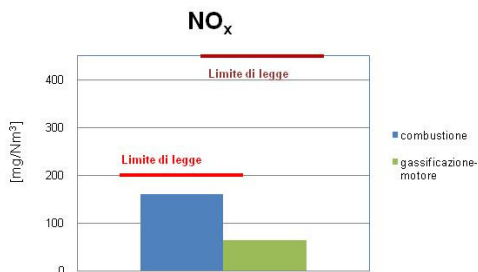
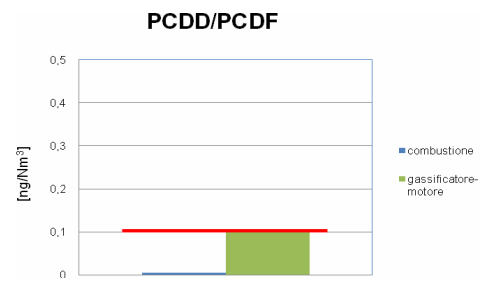
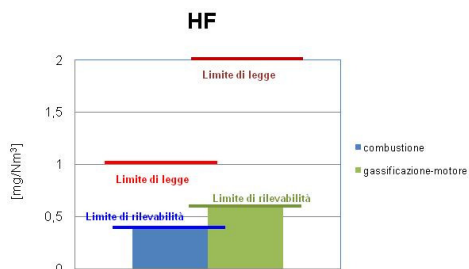
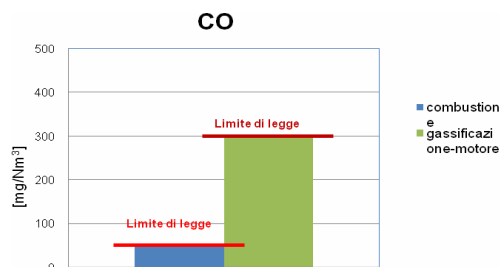
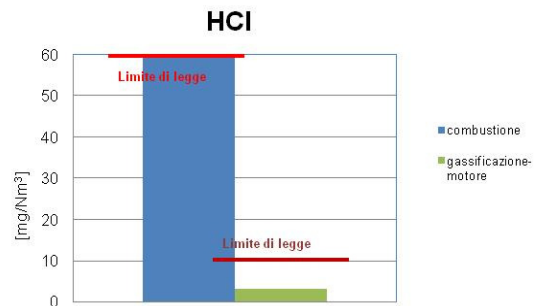
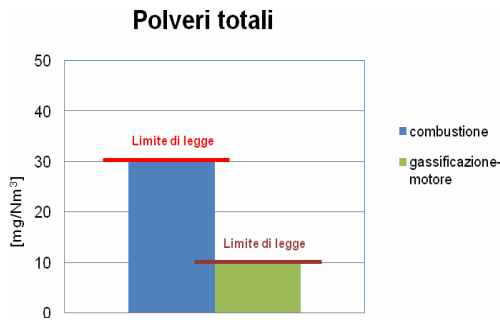
La concentrazione di carbonio organico totale è risultata superiore al limite nel primo caso, mentre nel caso del motore la concentrazione rispetta ampiamente i limiti di legge.

Anche nel caso degli idrocarburi policiclici aromatici si ha un superamento del valore limite nel primo caso e non nel secondo, ma la concentrazione nei fumi a valle del motore è minore rispetto ai fumi di caldaia.

La concentrazione di diossine è risultata decisamente inferiore al limite nel caso della combustione, ha raggiunto il limite nel secondo.

Le somme date dalle concentrazioni di cadmio e tallio e le concentrazioni di mercurio presentano valori modesti e inferiori ai limiti.

Si possono, infine, confrontare le somme delle concentrazioni di metalli. Nel primo caso si ha il superamento del limite di legge, mentre nel secondo ciò non si verifica, benché il limite sia lo stesso.



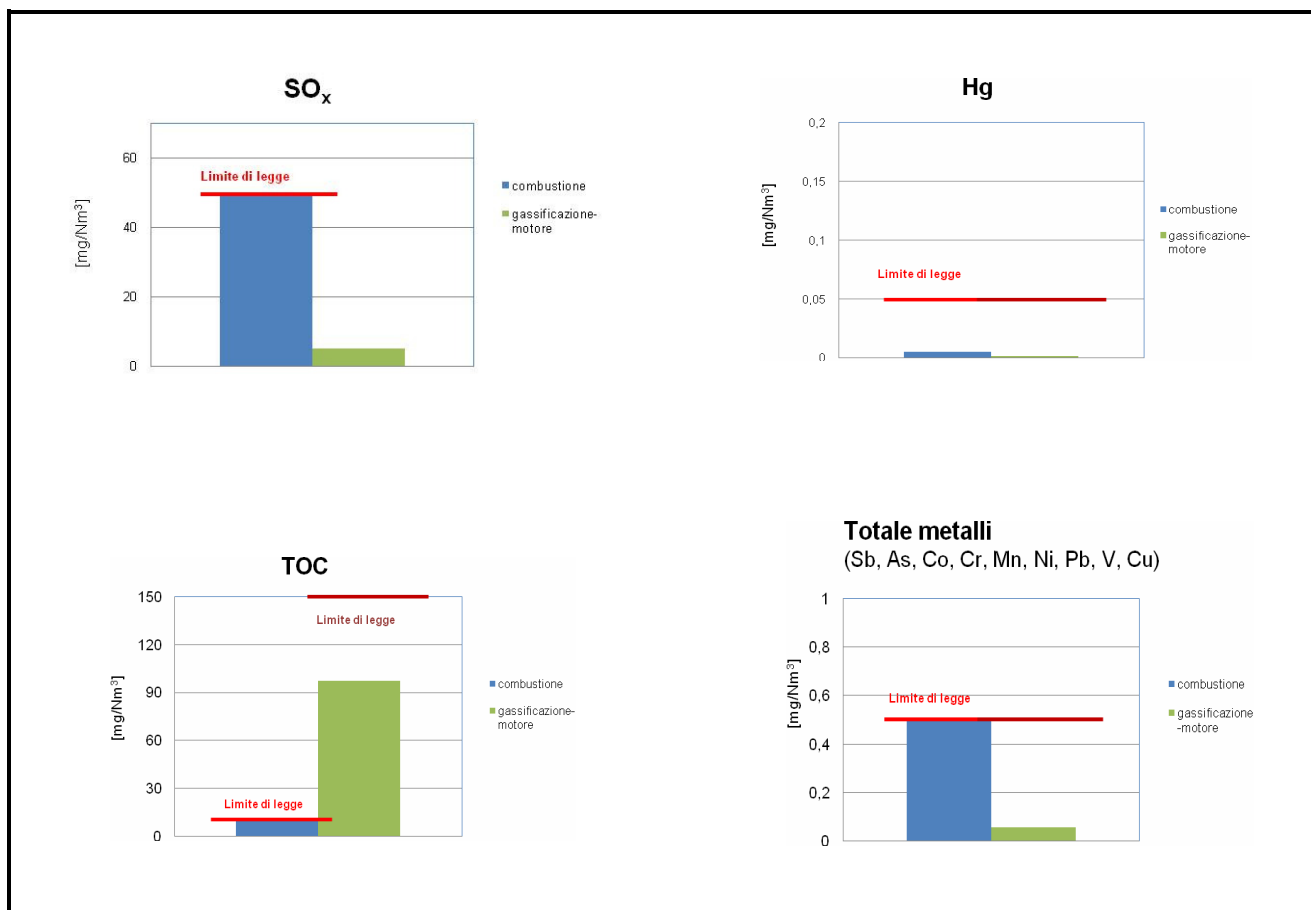


Fig.3 - grafici di confronto delle emissioni

### **Possibili modifiche impiantistiche**

Sulla base di tutte le analisi di tipo ambientale condotte all'interno del progetto sono quindi state valutate le possibili modifiche da apportare agli impianti dal punto di vista tecnico al fine di migliorare i processi di combustione e di gassificazione e ridurre le emissioni.

Premesso che, per entrambi gli impianti utilizzati, le misure di emissione sono state effettuate senza alcun sistema di abbattimento fumi, sarebbe possibile ridurre le criticità riscontrate con alcuni accorgimenti tecnici.

In particolare, per il monossido di carbonio (CO) i valori elevati di emissione sono da attribuire ad una combustione non ottimizzata che potrebbe essere facilmente migliorata modificando la geometria del bruciatore della caldaia, attualmente squadrata, inserendo una griglia mobile al posto della griglia fissa, e facendo ricircolare i fumi parzialmente in camera di combustione. Per quanto riguarda le polveri, si potrebbero ridurre applicando dei filtri a maniche o degli elettrofiltri negli impianti.

Per quanto riguarda la presenza di composti a base di Cl (espressi come HCl) e metalli pesanti (tra cui in particolar modo il Rame (Cu)), potrebbero essere ridotti in primis cambiando da una parte le pratiche di disinfezione degli allevamenti da parte degli allevatori che fanno attualmente largo uso di



prodotti clorurati e, dall'altra, studiando integratori alimentari per polli con un contenuto rameico possibilmente inferiore rispetto al livello attuale.

Per quanto riguarda le emissioni di diossine e furani (PCDD/PCDF), che rappresentano a livello di sensibilità pubblica potenziali parametri critici a livello europeo, è stato interessante verificare che le loro emissioni non sono risultate critiche per quanto riguarda la combustione, molto probabilmente grazie alla elevata temperatura all'interno della camera di combustione (attorno ai 900 °C).

Per quanto riguarda la gassificazione, il valore limite di 0,1 ng/Nm<sup>3</sup> per le emissioni di diossine è stato invece raggiunto e potrebbero essere ridotte agendo sull'abbattimento delle polveri (tramite l'utilizzo di filtri a maniche e/o elettrofiltri).

Per quanto riguarda le emissioni di metalli pesanti (presenti in gran parte nel particolato) potrebbero essere ridotte inserendo a valle della camera di combustione e del reattore di gassificazione dei filtri a base di carbone attivo.

Sempre con riferimento alle analisi condotte, per quanto riguarda l'analisi degli impatti ambientali (analisi LCA) applicata a diversi scenari di utilizzo energetico della pollina rispetto all'utilizzo di combustibili tradizionali è emerso che tra la combustione e la gassificazione della pollina è quest'ultima che risulta essere l'alternativa migliore in quanto comporta minori emissioni di monossido di carbonio (CO), polveri, ossidi d'azoto (NO<sub>x</sub>) ed ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>) che incidono in particolare sull'effetto serra, sull'acidificazione delle piogge e dei suoli, sulla formazione di smog fotochimico, sull'ecotossicità. Inoltre, aggiungendo a questa comparazione quella relativa a due diverse modalità di smaltimento delle ceneri (conferimento delle ceneri prodotte dai due impianti in discarica e spandimento delle stesse sul terreno) emerge che quest'ultima alternativa è meno ecocompatibile dell'altra in quanto comporta maggiori impatti ambientali sull'eutrofizzazione delle acque e sull'ecotossicità.

Infine, comparando gli impatti ambientali degli impianti a gassificazione e combustione con conferimento delle ceneri in discarica con due impianti tradizionali a metano e gasolio considerando l'eventuale spandimento delle ceneri da pollina sul terreno, si può notare come entrambe le alternative, combustione e gassificazione, siano da preferirsi all'impianto tradizionale a gasolio, mentre solo la gassificazione si rivela essere ambientalmente migliore anche dell'impianto tradizionale a metano.

In particolare, per quanto riguarda l'utilizzo di pollina in caldaia, una volta ottimizzata la geometria del combustore, sarebbe auspicabile utilizzare una griglia mobile inclinata impiegata attualmente in caldaie già in commercio che bruciano biomassa legnosa con un elevato tenore di umidità. In particolare, nel caso specifico (combustione di lettiera) potrebbe essere utilizzato un bruciatore a griglia mobile inclinata in ghisa al cromo caratterizzata da un funzionamento orizzontale alternativo a mezzo di spintore meccanico per l'avanzamento controllato del combustibile sulla griglia.

Per quanto riguarda la gassificazione della pollina, l'inserimento di una marmitta catalitica e sonda lambda garantirebbe il ricircolo dei fumi nel gassificatore con una riduzione in parallelo degli inquinanti.

Al fine di migliorare le prestazioni energetiche del sistema per la produzione di energia elettrica sarebbe invece auspicabile l'impiego di una turbina in sostituzione del motore a combustione interna.

Questa variante presuppone un aumento di densità energetica del gasogeno. Una possibile soluzione potrebbe essere data dall'inserimento di un compressore e di un sistema di stoccaggio del gas a monte della turbina.

## **Ceneri**

Un discorso a parte è stato fatto per le ceneri prodotte durante la combustione, quantitativo pari allo 0,9% in peso rispetto alla pollina bruciata.

Sono state analizzate le caratteristiche di tali ceneri e sono stati confrontati con i dati di bibliografia relative a diverse tipologie di ceneri legnose.

Si è notata l'alta concentrazione di cloro da addebitare, come detto precedentemente, all'uso di disinfettanti. Il contenuto di rame nelle ceneri è risultato pari a 390 mg/kg; di conseguenza, in analogia a quanto riscontrato per le emissioni, è da attribuire agli integratori alimentari che vengono somministrati ai polli.

Un fattore critico nell'utilizzo di biomassa ai fini energetici è proprio lo smaltimento delle ceneri prodotte che sono considerate rifiuti e che in base all'attuale legislazione non possono essere recuperate come fertilizzante/ammendante sui terreni agricoli. Le ceneri potrebbero essere assimilate alla categoria 18 dell'allegato 1 - sub-allegato 1 del D.M. 5/02/1998: "Rifiuti destinati alla produzione di fertilizzanti"; la tipologia 18.11 "ceneri di combustione di sansa esausta e da materiali organici vari di origine naturale" è infatti una definizione decisamente generica.

Le procedure semplificate di recupero che si applicano a queste tipologie sono:

- produzione di conglomerati cementizi
- cementifici
- industria dei laterizi e dell'argilla espansa
- formazione di rilevati e riutilizzo per recuperi ambientali
- compostaggio attraverso un processo di trasformazione biologica
- produzione di fertilizzanti

È da notare che per "produzione di fertilizzanti" non si intende lo spandimento diretto sui campi, ma il conferimento a ditte specializzate per la produzione di fertilizzanti.

Per quanto riguarda le biomasse legnose il fatto di smaltire le ceneri sui terreni rappresenterebbe una "chiusura" del ciclo per quanto riguarda le sostanze minerali sottratte durante la vita delle piante, evitando, inoltre, l'integrazione con concimi chimici, ma nel caso della pollina il discorso è un po' diverso, basti pensare al mangime e agli integratori che vengono somministrati, oltre che medicinali, disinfettanti, ecc..

Bisogna tuttavia sottolineare che lo smaltimento in discarica delle ceneri, considerata come "ultima spiaggia", rappresenterebbe l'1% del quantitativo di pollina che attualmente deve essere smaltito, quindi, in ogni caso, un deciso risparmio per l'allevatore.

### **Valutazioni economiche**

Per quanto riguarda le analisi costi-benefici per valutare la fattibilità dell'utilizzo della pollina a fini energetici, si sono valutati diversi fattori.

In particolare, si sono valutati gli eventuali ricavi economici per gli avicoltori, considerando i seguenti fattori:

- 1) Il mancato costo di smaltimento della pollina;
- 2) Il mancato acquisto del combustibile per il riscaldamento degli allevamenti (attualmente dato dal gasolio);
- 3) Il surplus di energia termica e/o elettrica (prodotto dall'impianto di combustione o gassificazione sottraendo i consumi interni aziendali) che si potrebbe avere grazie all'utilizzo di pollina a fini energetici e tenendo conto di incentivi come il conto energia, i certificati verdi e la tariffa agricola secondo la legge finanziaria 2008.

Considerando la filiera agro-energetica, la disponibilità di combustibile a costo zero garantirebbe la sostenibilità dell'investimento anche senza usufruire dei certificati verdi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (con un rientro economico stimato in circa 10 anni).

### **Obiettivi futuri**

Per concludere, l'obiettivo dei partner di progetto, propedeutico per una prossima fase, è quello di continuare a lavorare sulla base di questi primi risultati per trovare la soluzione più adatta dal punto di vista tecnico ed economico, fino ad arrivare ad un prototipo "chiavi in mano" da poter proporre nelle singole realtà aziendali. Si intenderà, inoltre, supportare le autorità competenti in materia di normative sui rifiuti nella valutazione di possibili modifiche alle norme attualmente in vigore che vietano l'uso della pollina a fini energetici per impianti di piccola e media taglia.

Infine, ma non di minore importanza, si renderà necessario migliorare il dialogo e il confronto con gli allevatori stessi per poter superare i problemi derivanti in particolar modo dalle attuali pratiche utilizzate all'interno delle aziende avicole (gestione delle aree dedicate allo stoccaggio della pollina, utilizzo di disinfettanti alternativi, di integratori alimentari e medicinali meno tossici, ecc...)



Programma regionale di ricerca in campo agricolo 2004/2006

Invito permanente

Progetto REPE 1011 "Analisi ambientale energetica e gestionale per il recupero della pollina a scopo energetico"



Regione Lombardia



**greenenergy**  
opportunit  ambiente