

## IL LABORATORIO PER LA CARATTERIZZAZIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE DEL CENTRO DI RICERCA SULLE BIOMASSE

F.Cotana<sup>1</sup>, G.Bidini<sup>2</sup>, F.Fantozzi<sup>3</sup>, C.Buratti<sup>4</sup>, I.Costarelli<sup>5</sup> e L.Crisostomi<sup>6</sup>

Università di Perugia – Centro di Ricerca sulle Biomasse

Via M.Iorio 8, 0612 Perugia, Italia

Tel.: +39.075.5004209 Fax. +39.075.5153321

e-mail: <sup>1</sup>cotana@crbnet.it; <sup>2</sup>gbid@unipg.it; <sup>3</sup>fanto@unipg.it; <sup>4</sup>cburatti@crbnet.it; <sup>5</sup>costarelli@crbnet.it; <sup>6</sup>crisostomi@crbnet.it

### SOMMARIO

L'utilizzo di fonti di energia rinnovabile assume sempre maggiore importanza come mezzo per il contenimento del riscaldamento climatico e per garantire un approvvigionamento sicuro di combustibili alternativi. I combustibili derivanti da biomasse possono essere usati in modo efficiente e pulito, pertanto risulta importante conoscere le loro caratteristiche chimiche e fisiche per la scelta del più adeguato sistema di conversione energetica.

A tale scopo, il Centro di Ricerca sulle Biomasse dell'Università degli Studi di Perugia, ha realizzato un laboratorio per l'analisi chimica e fisica delle biomasse. La finalità del laboratorio è la creazione di un archivio contenente dati di analisi prossima, ultima e del potere calorifico di molteplici tipologie di biomasse, in conformità con le norme italiane UNI, le europee CEN/TS e la normativa tecnica americana ASTM. Le tipologie di biomasse analizzate consistono in biomasse residuali, forestali e biocombustibili solidi come pellet e chip e la banca dati viene continuamente incrementata ed aggiornata.

### 1 INTRODUZIONE

L'Unione Europea e l'Italia, sottoscrivendo il Protocollo di Kyoto si sono impegnate nella riduzione delle emissioni gassose provocanti l'effetto serra; le fonti di energia rinnovabile detengono un importante ruolo per conseguire tali obiettivi e specialmente l'uso della biomassa può fornire un notevole contributo, in quanto con la fotosintesi clorofilliana la biomassa, tramutando il biossido di carbonio in sostanza organica, rappresenta un complesso sistema di accumulo di energia solare.

La biomassa può essere utilizzata per la produzione energetica mediante processi di conversione di tipo biochimico o termochimico. La scelta del processo di conversione opportuno dipende dalle caratteristiche della biomassa, quindi un importante passo nello studio della tecnologia di conversione risulta essere, oltre alla valutazione della disponibilità della biomassa stessa, l'analisi delle sue caratteristiche energetiche, fisiche e chimiche.

La biomassa può essere caratterizzata energeticamente conoscendo alcuni parametri, quali il Potere Calorifico Superiore (PCS) ed Inferiore (PCI), le caratteristiche chimiche (contenuto di Carbonio, Idrogeno e Azoto) e le caratteristiche fisiche (contenuto di umidità, ceneri, sostanze volatili e carbonio fisso).

Nel 2003 il Ministero dell'Ambiente e l'Università degli Studi di Perugia hanno istituito il Centro di Ricerca sulle Biomasse (CRB) che ha realizzato un Laboratorio per la caratterizzazione energetica, chimica e fisica della biomassa e dei biocombustibili.

Il Laboratorio risulta attivo dal Febbraio 2005 e già sono state realizzate numerose analisi su diverse tipologie di biomassa; i risultati ottenuti sono archiviati in una banca dati sviluppata dagli operatori del Centro.

Nel presente lavoro sono brevemente illustrate le attrezzature e le relative metodologie operative, conformi con le norme italiane e internazionali, seguite per le diverse analisi effettuate nel Laboratorio del CRB.

Sono inoltre presentate alcune analisi su biomasse legnose, di cui è valutata la ripetibilità dei risultati anche rispetto ai dati reperibili in Letteratura.

È infine descritta l'organizzazione della banca dati per l'archiviazione dei risultati delle analisi.

In Figura 1 è mostrata una visione d'insieme del Laboratorio del CRB.



Figura 1: Vista generale del laboratorio del CRB

## 2 ANALISI E STRUMENTAZIONE

Il Laboratorio di caratterizzazione energetica delle biomasse del CRB è equipaggiato con strumentazioni in grado di eseguire le seguenti analisi:

- Analisi Prossima (contenuto di umidità, ceneri, sostanze volatili e carbonio fisso);
- Analisi Ultima (contenuto di Carbonio, Idrogeno e Azoto);
- Potere Calorifico Superiore (PCS) ed Inferiore (PCI);
- Durabilità del pellet;

Il Laboratorio è dotato delle seguenti strumentazioni:

- Mill Retsch SM 2000 per la preparazione del campione;
- TGA 701 LECO per l'Analisi Prossima (Fig. 2);
- Truspec CHN LECO per l'Analisi Ultima (Fig. 3);
- Calorimetro AC350 LECO per la misura del PCS (Fig. 4);
- Liognotester New Holmen TekPRO per la misura della durabilità del pellet.

Le caratteristiche principali degli strumenti sono riportate in Tabella I, II e III.

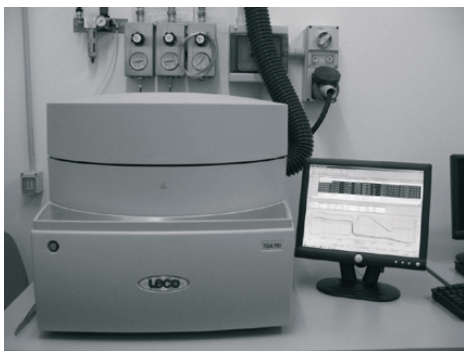


Figura 2: TGA 701 LECO per l'Analisi Prossima

Tabella I: Specifiche TGA 701

Peso campione: 5 grammi (massimo)
Numero di campioni: max 19 (+ 1 riferimento)
Precisione: $\pm 0.02\%$ RSD
Risoluzione bilancia: 0.0001 g
Controllo temperatura
Minimo: 100°C, Massimo: 1000°C
Accuratezza: 2% del set point o $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
Massime rampe di incremento
da ambiente a 104°C: 15°C/min, da 104/1000°C: 50°C/min
Pressione del gas: Aria: 45 psi (3.1 bar)
Azoto: 35 psi (2.4 bar)
Ossigeno: 35 psi (2.4 bar)



Figura 3: Truspec CHN LECO per l'Analisi Ultima

Tabella II: Specifiche TruSpec CHN

Intervallo
Carbonio: 50 ppm o 0.005% to 50%;
Idrogeno: 200 ppm o 0.02% to 50%;
Azoto: 80 ppm o 0.008% to 100%;
Precisione
Carbonio: 0.3 ppm o 0.5% RSD
Idrogeno: 100 ppm o 1.0% RSD
Azoto: 40 ppm o 0.5% RSD



Figura 4: Calorimetro AC-350 LECO (PCS)

Tabella III: Specifiche Calorimetro AC 350

Tecnologia Isoperibolica
Peso nominale del campione: 1 g. (0.6 g. - 1.4 g.)
Intervallo: 13,9-34,9 MJ/kg per 1 g. di campione
Precisione <0.05% RSD (su Acido Benzoico)
Risoluzione: 1 kJ/kg
Temperatura di analisi:
Risoluzione: 0.0001°C
Temperatura di analisi: 13°C - 33°C

## 3 METODOLOGIA DI ANALISI

Ogni analisi eseguita per la caratterizzazione energetica della biomassa viene effettuata in conformità con le normative italiane ed internazionali.

Le principali normative osservate per la preparazione dei campioni sono riportate in Tabella IV [1,2,3,4].

Per l'Analisi Prossima, più precisamente per le determinazioni dell'umidità e delle ceneri contenute nel campione, si fa riferimento alle normative indicate in Tabella V [5,6,7,8]. Per la determinazione delle sostanze volatili si fa riferimento alla normativa italiana UNI 9903-3 [9].

Tabella IV: Preparazione del campione

Analisi	Metodo
Preparazione del campione	pr CENT/TS 14778-1 pr CENT/TS 14779 pr CENT/TS 14780 UNI 9903-3

Tabella V: Determinazione dell'umidità e delle ceneri

Analisi	Metodo
Umidità	CENT/TS 14774-1 CENT/TS 14774-2 CENT/TS 14774-3
Ceneri	CENT/TS 14775

L'Analisi Ultima si effettua in osservanza della direttiva procedurale indicata nella norma ASTM D-5373 [10].

In conformità con la normativa UNI 9017 [11], dalla misura del PCS viene determinato in  $PCI_{db}$ , in base alla seguente relazione:

$$PCI_{db} = PCS_{db} - 9 * 2.398 * H_{db}$$

#### 4 DATI SPERIMENTALI

I campioni esaminati presso il Laboratorio del Centro Ricerca sulle Biomasse sono classificati in relazione alla natura ed all'origine della biomassa nei seguenti gruppi secondo lo schema dettato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI): biomassa legnosa, erbacea, da frutto, miscugli e miscele, rifiuti e biomassa acquatica.

Le tipologie dei campioni analizzati nel Laboratorio del CRB comprendono tutte le categorie sopra menzionate, ma i campioni di biomassa legnosa sono preponderanti. Vengono riportati nelle figure successive i risultati relativi alle analisi su alcune biomasse legnose, ovvero pioppo, robinia e potature di vite.

L'umidità per il pioppo varia fra il 30% ed il 50%, per la robinia fra il 7% e l'80% e per le potature di vite fra il 26% ed il 44%. Le ceneri contenute nel pioppo variano fra il 2% ed il 5%, nella robinia fra il 2% ed il 10% e nelle potature di vite fra il 2% ed il 5%. Le sostanze volatili contenute nel pioppo variano fra l'84% e l'88%, nella robinia fra l'84% e l'88% e nelle potature di vite fra l'80% ed il 93%.

Il Carbonio contenuto nel pioppo varia fra il 50% ed il 60%, nella robinia fra il 48% ed il 55% e per le potature di vite fra il 47% ed il 66%. L'Idrogeno contenuto nel pioppo varia fra il 6% ed il 9%, nella robinia e nelle potature di vite fra il 6% ed il 8%. L'Azoto contenuto nel pioppo varia fra lo 0.1% ed il 2%, nella robinia fra lo 0.3% ed il 4% e nelle potature di vite fra lo 0.4% e l'1%.

Il  $PCS_{db}$  per il pioppo varia da 20 a 25 MJ/kg ( $PCI_{db}$  18-22 MJ/kg), per la robinia vale circa 20 MJ/kg ( $PCI_{db}$  circa 18 MJ/kg), per le potature di vite varia fra 18 e 21 MJ/kg ( $PCI_{db}$  17-20 MJ/kg).

I risultati delle analisi sono confrontati con alcuni dati pubblicati in Letteratura [13,14] e vengono illustrati nelle Tabelle VI e VII.

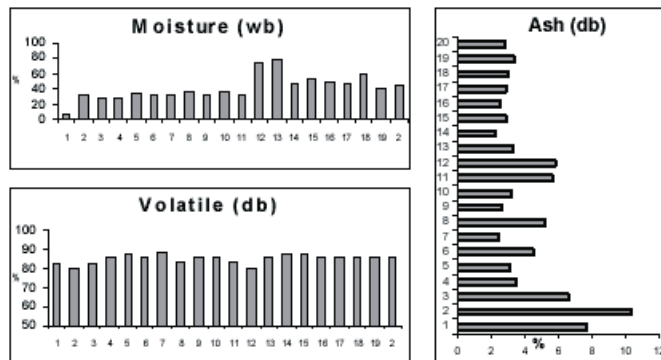


Figura 6: Analisi prossima della robinia

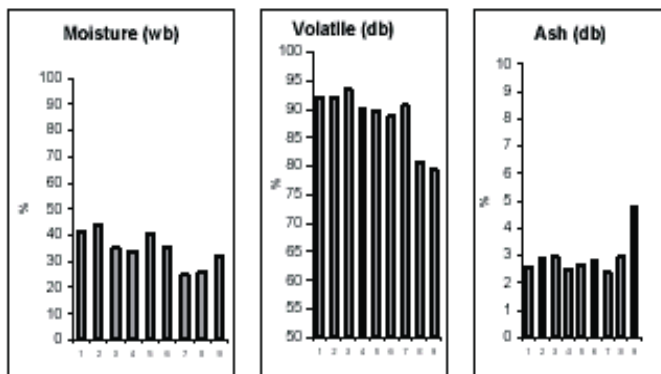


Figura 7: Analisi prossima delle potature di vite

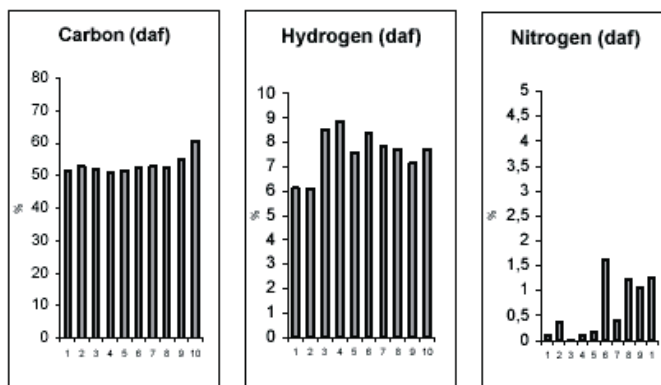


Figura 8: Analisi ultima del pioppo

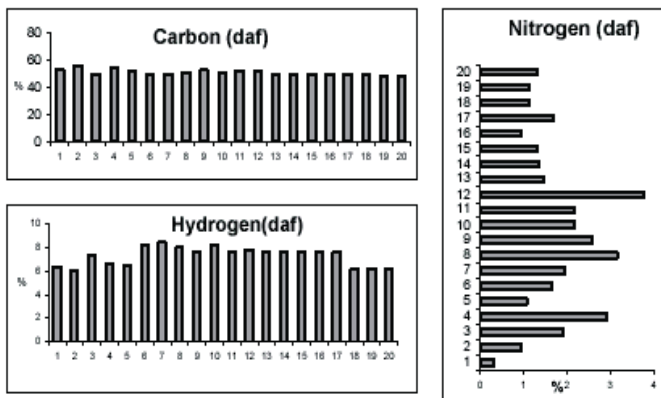


Figura 9: Analisi ultima della robinia

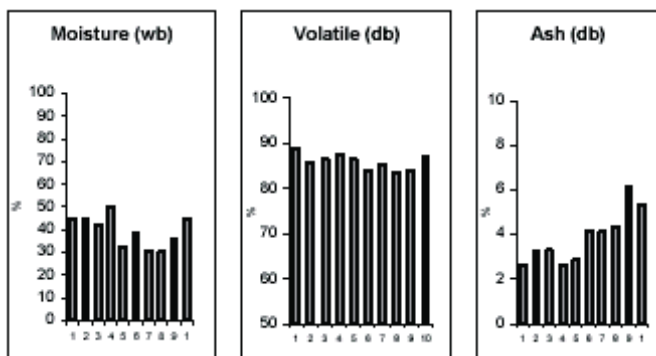


Figura 5: Analisi prossima del pioppo

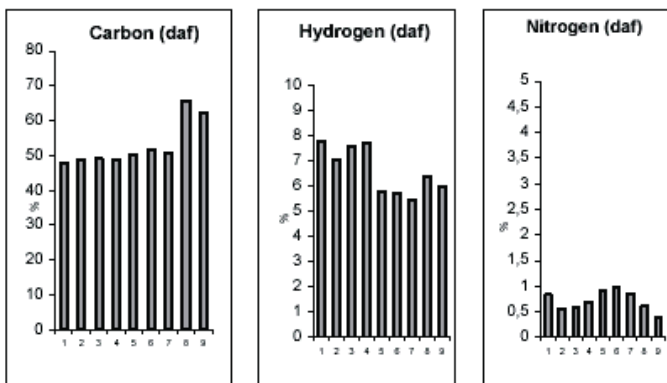


Figura 10: Analisi ultima delle potature di vite

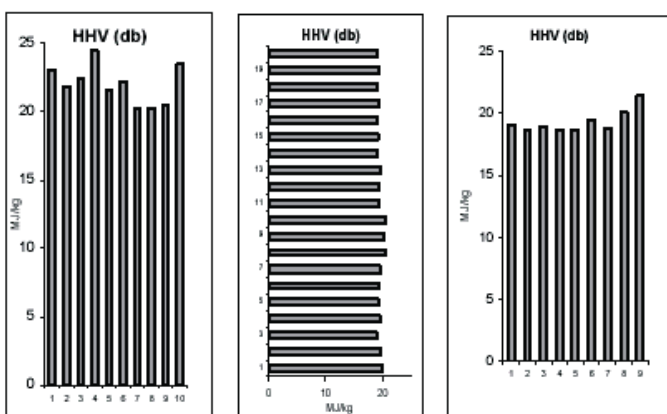


Figura 11: PCS del pioppo, della robinia, delle potature di vite

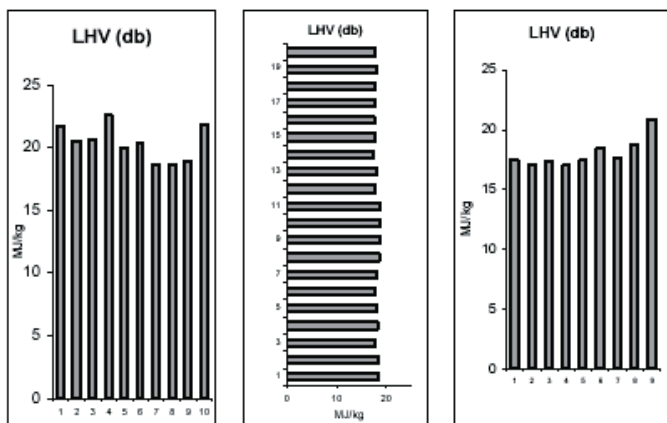


Figura 12: PCI del pioppo, della robinia, delle potature di vite

Tabella VI: Risultati di analisi del pioppo e comparazione con dati di letteratura [13,14]

Parametri	laboratorio CRB	Dati letteratura
Umidità (% wb)	30.17 – 50.13	7.60 – 9.60
Ceneri (% db)	2.620 – 6.120	1.80 – 3.40
Volatili (% db)	83.58 – 88.96	73.6 – 74.4
FC (% db)	7.690 – 12.10	14.3 – 16.5
HHV (MJ/kg)	20.25 – 24.48	18.4 – 20.7
LHV (MJ/kg)	18.65 – 22.62	18.0 – 19.3
C (% daf)	50.90 – 60.41	49.2 – 49.6
H (% daf)	6.080 – 8.870	7.20 – 8.00
N (% daf)	0.100 – 1.620	0.10 – 0.20

Tabella VII: Risultati di analisi della robinia e comparazione con dati di letteratura [13,14]

Parametri	laboratorio CRB	Dati letteratura
Umidità (% wb)	7.010 – 79.20	-
Ceneri (% db)	2.220 – 10.29	0.800
Volatili (% db)	79.85 – 88.38	80.90
FC (% db)	8.450 – 16.05	-
HHV (MJ/kg)	19.06 – 20.06	19.71
LHV (MJ/kg)	17.50 – 18.92	18.46
C (% daf)	48.54 – 55.45	51.10
H (% daf)	6.120 – 8.460	5.750
N (% daf)	0.330 – 3.780	0.570

Tabella VIII: Risultati di analisi delle potature di vite e comparazione con dati di letteratura [13,14]

Parametri	laboratorio CRB	Dati letteratura
Umidità (% wb)	25.84 – 44.01	8.800
Ceneri (% db)	2.390 – 4.780	2.300
Volatili (% db)	79.38 – 93.40	72.70
FC (% db)	2.170 – 16.48	16.20
HHV (MJ/kg)	18.65 – 21.38	18.57
LHV (MJ/kg)	17.03 – 20.09	-
C (% daf)	47.72 – 65.83	50.90
H (% daf)	5.740 – 7.780	7.010
N (% daf)	0.400 – 0.980	0.430

Per valutare la ripetibilità delle misure è stata effettuata una iterazione sistematica delle analisi su due tipologie di biomasse, ovvero potature di ulivo e canna di bambù. Sono state eseguite venti analisi complete per ogni campione, è stata valutata la deviazione standard e la deviazione standard relativa (RSD) dei risultati, al fine di stimare il numero minimo di analisi affinché la RSD sia minimo, a garanzia della ripetibilità dei risultati ottenuti dalle analisi. Tale valore è variabile in funzione della specie analizzata, ma risulta in linea con i valori di RSD certificati dalla casa costruttrice delle strumentazioni.

## 5 BANCA DATI

I risultati dell'analisi sono archiviati sistematicamente in una banca dati in cui la registrazione avviene secondo tre livelli: il primo consiste nella caratterizzazione del campione (codice identificativo, gruppo di appartenenza, descrizione), il secondo nella determinazione dell'origine (località di origine, fornitore, quantità pervenuta, campionamento) e per terzo i risultati della caratterizzazione energetica.

Tutti i dati registrati possono essere rintracciati con differenti chiavi di ricerca (codice identificativo, tipo di biomassa, origine, valore di PCS o PCI, rapporto C/N, intervallo di umidità, ecc.).

## 6 CONCLUSIONI

L'uso di fonti energetiche rinnovabili residuali (biomasse e/o rifiuti) risulta essere un'azione chiave per ostacolare il riscaldamento terrestre, ma per il loro ottimale utilizzo è necessaria una preliminare analisi chimica ed energetica al

fine di individuare la migliore tecnologia di conversione.

Presso il Centro Ricerca Biomasse dell'Università degli Studi di Perugia è stato realizzato un laboratorio per l'analisi chimica e fisica della biomassa dotato di strumentazioni per le seguenti analisi: Analisi Prossima, Analisi Ultima, misura del PCS e PCI, misura della durabilità del pellet.

I campioni analizzati nel Laboratorio del CRB appartengono a differenti categorie di biomassa, ma quelle di tipo legnoso sono sicuramente le più numerose e nel documento ne sono stati riportati alcuni risultati. Tali valori sono poi stati confrontati con dati reperiti in Letteratura, dimostrando l'affidabilità dei risultati ottenuti.

Tutti i dati frutto delle analisi vengono archiviati in una banca dati elaborata dallo staff del CRB.

## NOMENCLATURA

CRB: Centro di Ricerca sulle Biomasse;

wb: wet basis, base umida;

db: dry basis, base secca;

daf: dry ash free, base secca e priva di ceneri;

FC: Fixed Carbon, Carbonio Fisso (%);

PCS: Potere Calorifico Superiore o HHV (MJ/kg);

PCI: Potere Calorifico Inferiore o LHV (MJ/kg);

RSD: Relative Standard Deviation.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] CENT/TS 14778-1: *Solid Biofuels – Sampling–Part 1: Methods for sampling*, (2004).
- [2] CENT/TS 14779 : *Solid Biofuels – Sampling – Methods for preparing sampling plans and sampling certificates*, (2004).
- [3] CENT/TS 14780: *Solid Biofuels – Methods for sample preparation*, (2004).
- [4] UNI 9903-3: *Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti (RDF). Indicazioni di base per il campionamento sistematico dei combustibili (in Italian)*, (1992).
- [5] CENT/TS 14774-1: *Solid Biofuels - Methods for determination of moisture content - Oven dry method. Part 1: Total moisture - Reference method*, (2004).

- [6] CENT/TS 14774-2: *Solid Biofuels - Methods for determination of moisture content- Oven dry method. Part 2: Total moisture - Simplified method*, (2004).
- [7] CENT/TS 14774-3: *Solid Biofuels -Methods for determination of moisture content-Oven dry method. Part 3: Moisture in general analysis sample*, (2004).
- [8] CENT/TS 14775: *Solid Biofuels – Methods for determination of ash content*, (2004).
- [9] UNI 9903-8: *Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti (RDF). Determinazione delle sostanze volatili. (in Italian)*, (1992).
- [10] ASTM D5373: *Standard test method for instrumental determination of carbon, hydrogen, and nitrogen in laboratory sample of coal and coke*, (2002).
- [11] UNI 9017: *Legno da ardere – Determinazione delle caratteristiche energetiche (in Italian)*, (1987).
- [12] CEN TC 335 WG 4: *Draft test method*, (2003).
- [13] L. Cuiping, W. Chuangzhi, H. Haitao, *Chemical elemental characteristics of biomass fuels in China, Biomass and Bioenergy*, 27 (2004) 119-130.
- [14] M. Ohman, C. Boman, H. Hedman, A. Nordin, D. Bostrom, , *Slagging tendencies of wood pellet ash during combustion in residential pellet burners, Biomass and Bioenergy*, 27 (2004) 585–596.

## SUMMARY

The use of renewable energy sources is becoming important to reduce global warming and to provide fuel supply. Biomass fuels have to be used in a clean and more efficient way; it is therefore important to know their chemical and physical characteristics, in order to choose the best energy conversion process.

The Biomass Research Centre of University of Perugia, realized a laboratory to study physical and chemical characteristics of biomass and to build a database, on ultimate analysis, proximate analysis and lower calorific value, in compliance with Italian Standard UNI, European CEN/TS and American Technical Norms ASTM. The main samples analyzed are residual and forestry biomass, collected from Umbria Region, and solid biofuels such as pellets and chips. Archive and experimental data are periodically updated and increased in number.