

ENERGIA DA BIOMASSA

sistemi di combustione e problematiche connesse

Bologna 11 novembre 2011

Ing. Francesco Gallucci

CRA-ING Monterotondo (RM)

Ing. Fulvio Palmieri

DIMI – ROMA TRE

Per informazioni , francesco.gallucci@entecra.it

Utilizzazione energetica biomasse

- Combustione diretta;
- Trasformazione in combustibili liquidi;
- Produzione di biogas;
- Produzione di gas combustibile.

Utilizzazione energetica biomasse

- Combustione diretta;
- Trasformazione in combustibili liquidi;
- Produzione di biogas;
- Produzione di gas combustibile.

Utilizzazione energetica biomasse

➤ Combustione diretta – “TAL QUALE”



- ❖ Combustori a griglia (fissa o mobile);
- ❖ Combustori a letto fluido (bollente o circolante);
- ❖ Combustori a tamburo rotante;
- ❖ Combustione a doppio stadio.

Impianti operanti a biomassa

Combustione in caldaia e Produzione di fumi

Impiego per recupero energetico

- ❖ generazione elettrica
- ❖ processi tecnologici
- ❖ processi agroindustriali
- ❖ industria alimentare
- ❖ zootecnia

Uso della biomassa “tal quale”:

Problematiche



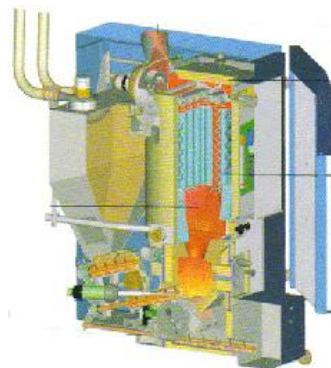
Effetti sulle macchine

- ❖ formazione di depositi
- ❖ sporcamento/incrostazione delle superfici di scambio termico
- ❖ affidabilità e vita dell'impianto

Effetti sulla salute

Emissioni nocive

Effetti sulle macchine



Corrosione ed erosione su organi di macchine e superfici di scambio termico

	Concentrazione massima nei fumi [ppb]	Massime concentrazioni consentite in un biocombustibile [ppb]
Solidi		
$d < 10\mu m$	600	3000
$10 < d < 13\mu m$	6	30
$d > 13\mu m$	0.6	3
<i>Piombo</i>	20	100
<i>Vanadio</i>	10	50
$Na + K + Li$	4	20
<i>Calcio</i>	40	200
<i>Zolfo</i>	0	0
<i>Solfati di metalli alcalini</i>	12	60

Specialmente problematici risultano essere

- PM: sedimentazione polveri (la pulizia può essere dannosa); può agire da nucleo di condensazione per NOx e SOx e promuovere la corrosione;

Specialmente problematici risultano essere

- PM: sedimentazione polveri (la pulizia può essere dannosa); può agire da nucleo di condensazione per NOx e SOx e promuovere la corrosione;
- SO₂: danneggia le strutture metalliche e gli scambiatori delle macchine; il deposito di solfuri può danneggiare seriamente gli organi meccanici

Effetti sulla salute



- ❖ **PM: particelle al di sotto dei 10 μm ; penetrazione fino agli alveoli e permanenza (specie tra 1 e 3 μm).
Rischi cancerogeni e di intossicazione;
Rischi legati a sostanze su superficie particolato (metalli pesanti, acidi ...);**

- ❖ **PM: particelle al di sotto dei 10 μm ; penetrazione fino agli alveoli e permanenza (specie tra 1 e 3 μm).
Rischi cancerogeni e di intossicazione;
Rischi legati a sostanze su superficie particolato (metalli pesanti, acidi ...);**
- ❖ **SOx: effetti ulceranti in presenza di umidità; azione sinergica con il PM che causa effetti maggiori della somma dei due.**

- ❖ **NOx: tossici ed irritanti a causa dell'umidità delle vie aeree, causano asfissia; promuovono la formazione di inquinanti secondari;**

- ❖ NOx: tossici ed irritanti a causa dell'umidità delle vie aeree, causano asfissia; promuovono la formazione di inquinanti secondari;
- ❖ **CO: provoca asfissia. Effetti proporzionali alla sua concentrazione.**

<i>COHb</i> nel sangue [%]	<i>CO</i> nell'aria [ppm]	Effetti sull'uomo
< 1	< 3	Nessun effetto
1 – 2	3 – 10	Effetti sul comportamento
2 – 5	10 – 30	Alterazione dei riflessi, della capacità visiva e delle funzioni psicomotorie
5 – 10	30 – 60	Alterazioni del ritmo cardiaco e polmonare
10 – 30	60 – 200	Emicrania, affaticamento, sonnolenza
> 30	> 200	Difficoltà respiratorie, coma, morte

Altri Inquinanti

(non normati nell'ambito della combustione di biomassa)

- **Metalli Pesanti**: danni sistema nervoso, effetti cancerogeni;
- **Idrocarburi Aromatici**: benzene, toluene e xileni; effetti cancerogeni e su sistema nervoso centrale;
- **Idrocarburi Policiclici Aromatici**: molto pericolosi quelli con 4-7 anelli aromatici; effetti cancerogeni.

Realizzazione

Impianto-Laboratorio per la Sperimentazione Avanzata

sui processi di

- ❖ **Combustione della biomassa**
- ❖ **Conversione energetica**
- ❖ **Formazione e controllo degli inquinanti**

presso

CRA – ING Monterotondo (RM)

10-14 Novembre 2010 Esposizione Internazionale Macchine per l'Agricoltura

Impianto-Laboratorio per la Sperimentazione Avanzata

CRA-ING Monterotondo (RM)



Impianto-Laboratorio per la Sperimentazione Avanzata

CRA-ING Monterotondo (RM)

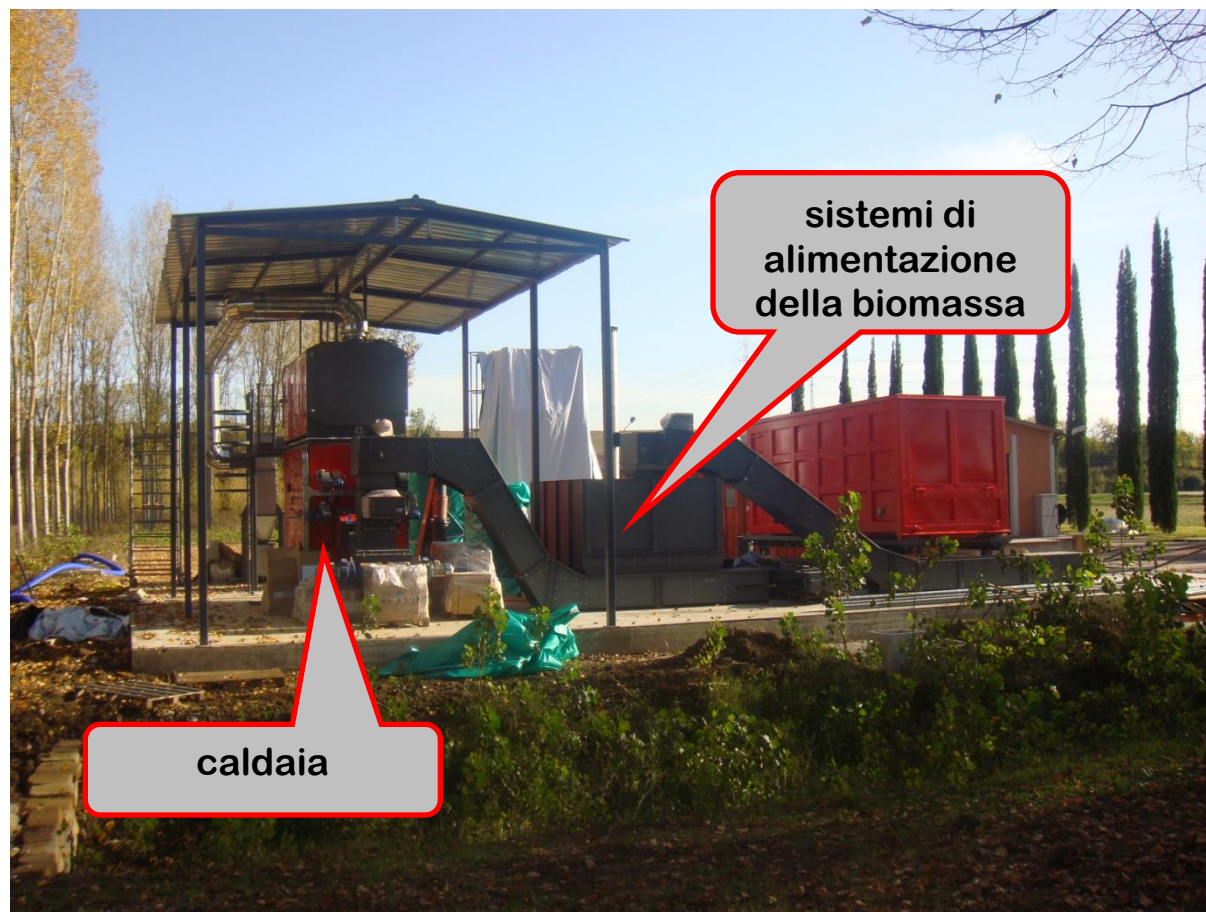


Impianto

Laboratorio di
analisi

Impianto-Laboratorio per la Sperimentazione Avanzata

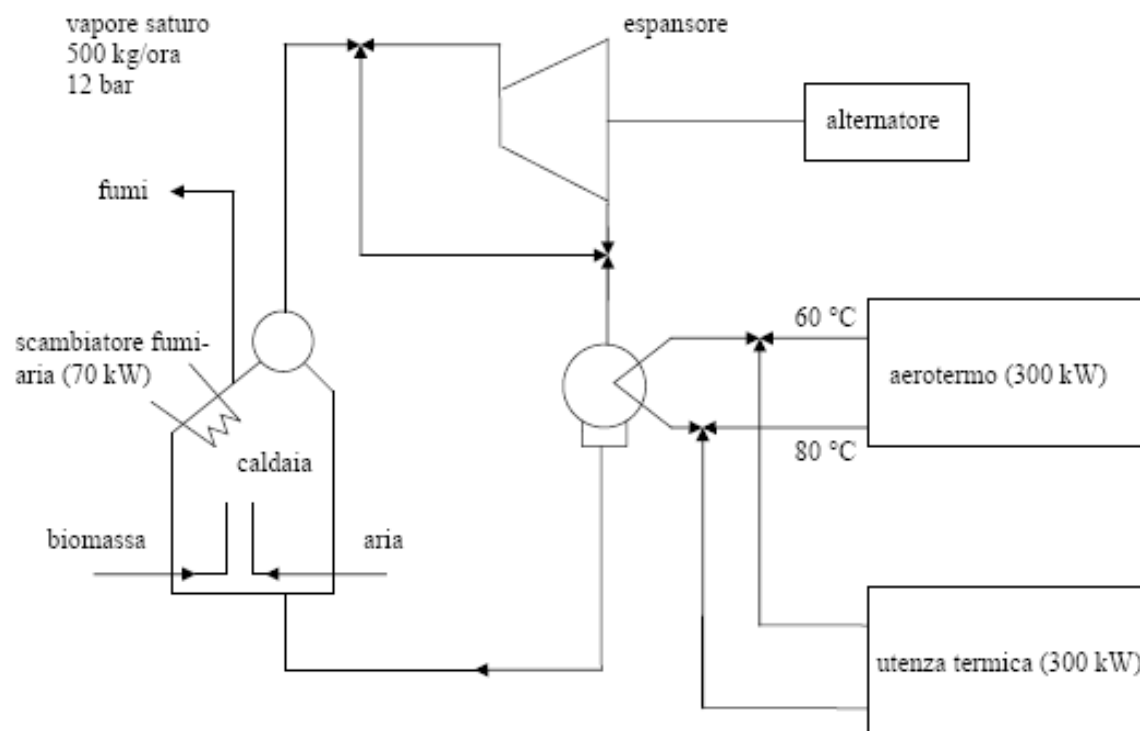
CRA-ING Monterotondo (RM)



Impianto-Laboratorio per la Sperimentazione Avanzata

CRA-ING Monterotondo (RM)

Schema dell'impianto di combustione-conversione



Impianto-Laboratorio per la Sperimentazione Avanzata

CRA-ING Monterotondo (RM)

Campi delle attività sperimentali

Prelievo gas di scarico e analisi in continuo

Sperimentazione sui sistemi per la produzione dell'energia elettrica di piccola taglia

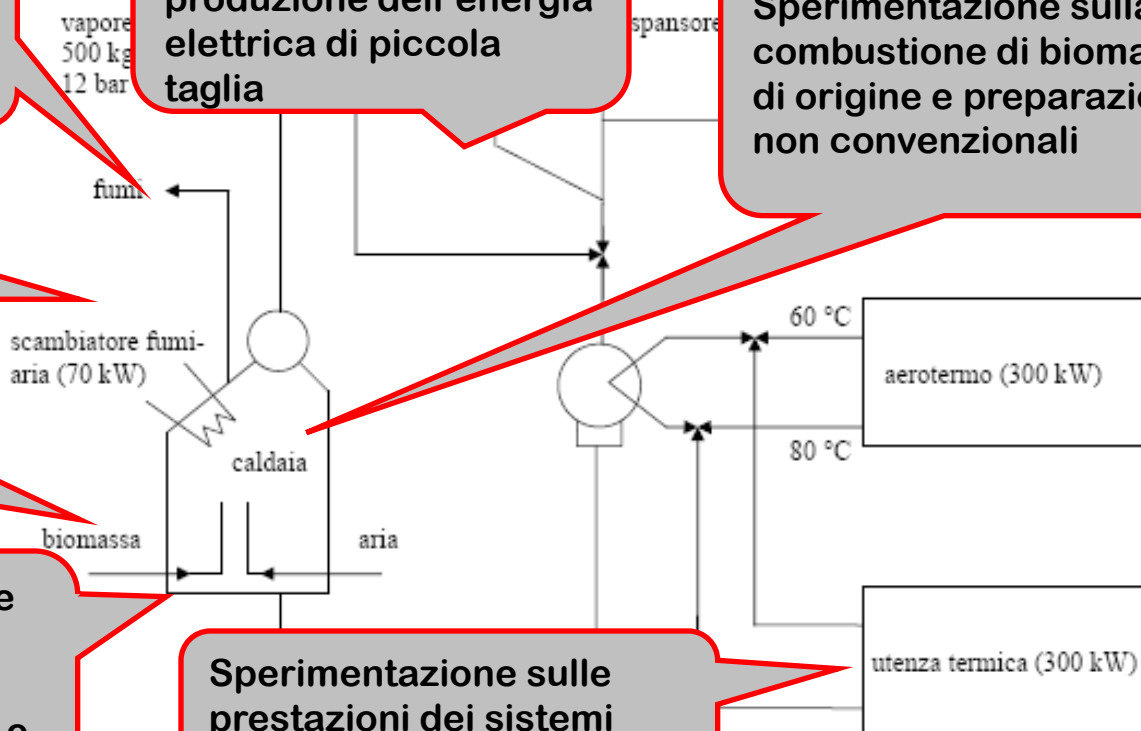
Sperimentazione sulla combustione di biomassa di origine e preparazione non convenzionali

Prelievo polveri, condensabili e incondensabili

Analisi della composizione biomassa in ingresso

Studio della deposizione di particelle e della formazione di croste in camera di combustione e lungo la linea fumi

Sperimentazione sulle prestazioni dei sistemi cogenerativi



Metodologie e strumentazione adottati per i rilievi sperimentali



10-14 Novembre 2010 Esposizione Internazionale Macchine per l'Agricoltura

Principali tecniche adottate per il rilievo delle emissioni e l'analisi dei residui di combustione

- **Gascromatografia;**
- **Spettroscopia IR;**
- **Spettrometria ICP;**
- **Chemiluminescenza;**
- **FID;**
- **SEM – EDX (per indagini sulla morfologia del particolato)**

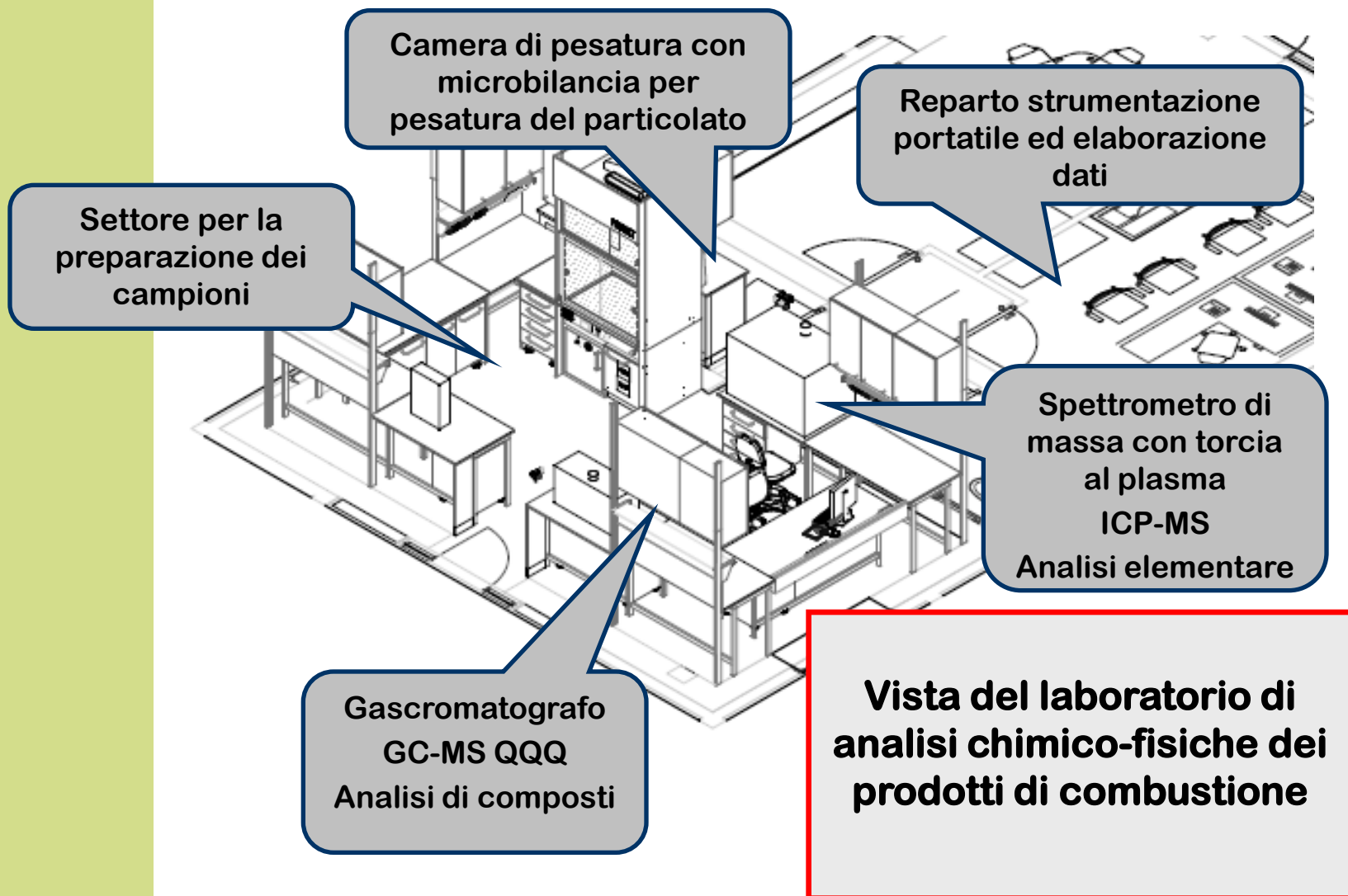
Strumentazione destinata ad attività di laboratorio

- **Gascromatografo CG-MS QQQ;**
- **Spettrometro ICP-MS**
- **Microbilancia**

Strumentazione destinata ad attività di laboratorio e di monitoraggio di impianti sul territorio

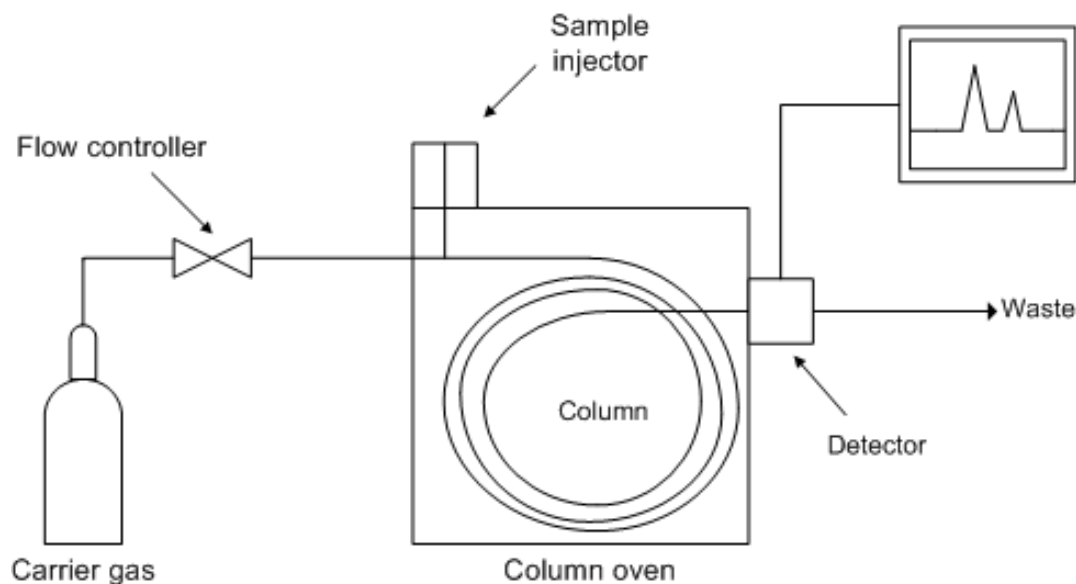
- **Analizzatori di gas multiparametrici (certificazione QAL1)**
- **FID**
- **Sistemi per il campionamento isocinetico di polveri, condensabili ed incondensabili**
- **Micro GC per analisi composizione syngas e biogas**

Layout del laboratorio presso l'Unità di Ricerca CRA-ING



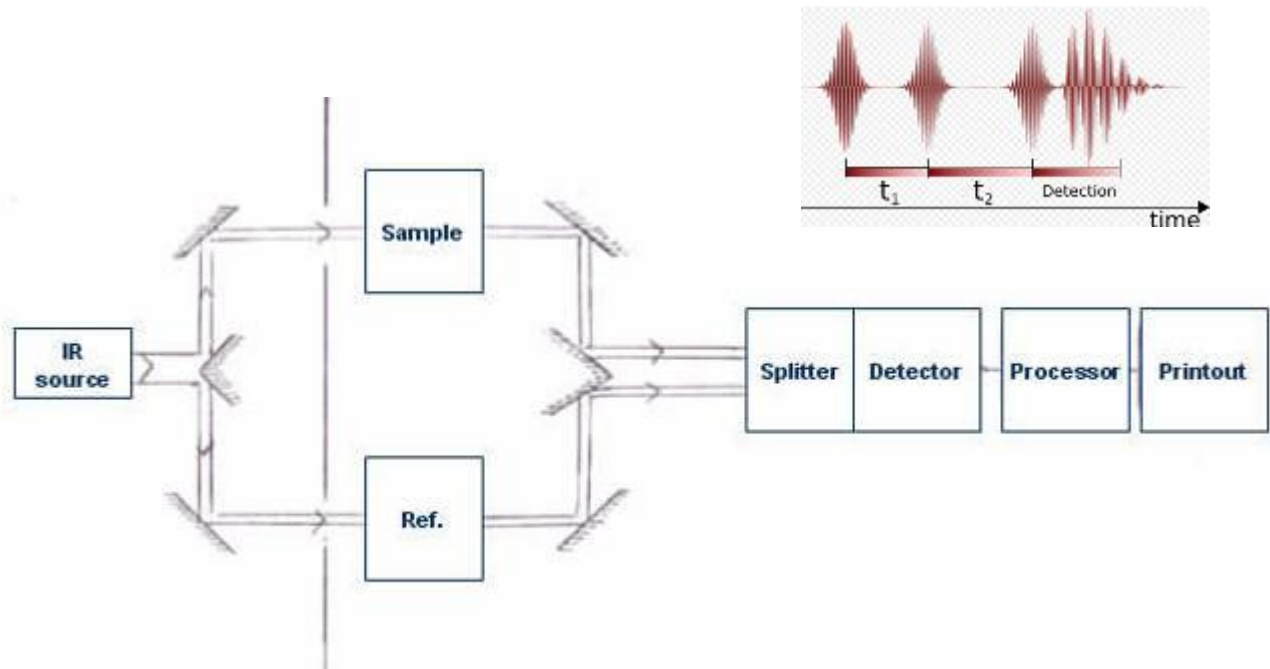
❖ Gascromatografia

- **Basata su diversa ripartizione di sostanze tra fase stazionaria e fase mobile (gas inerte);**
- **Due meccanismi di separazione:**
 - Adsorbimento: fase stazionaria solida;
 - Ripartizione: fase stazionaria liquida;



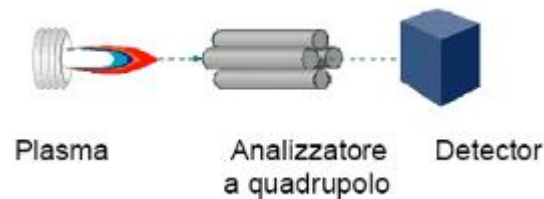
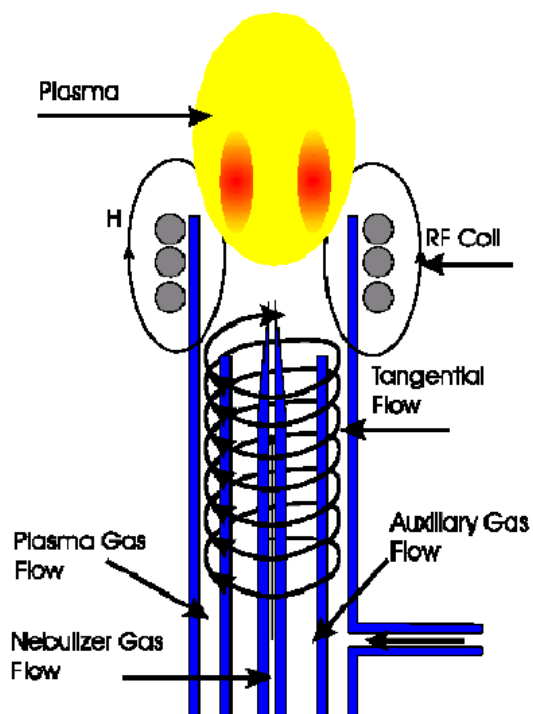
❖ Spettroscopia IR

- **Misura dell'entità dell'assorbimento di radiazione luminosa con campione posto davanti a sorgente di radiazione;**
 - ❑ **Materiale trasparente: spettro piano;**
 - ❑ **Materiale assorbente: spettro con transizione fra livelli energetici vibrazionali.**



❖ Spettrometria ICP

- **Utilizza una torcia al plasma per la ionizzazione dei campioni ed uno spettrometro di massa per la separazione e la rilevazione degli ioni prodotti.**



❖ Chemiluminescenza

- **Emissione di radiazione elettromagnetica che accompagna una reazione chimica:**

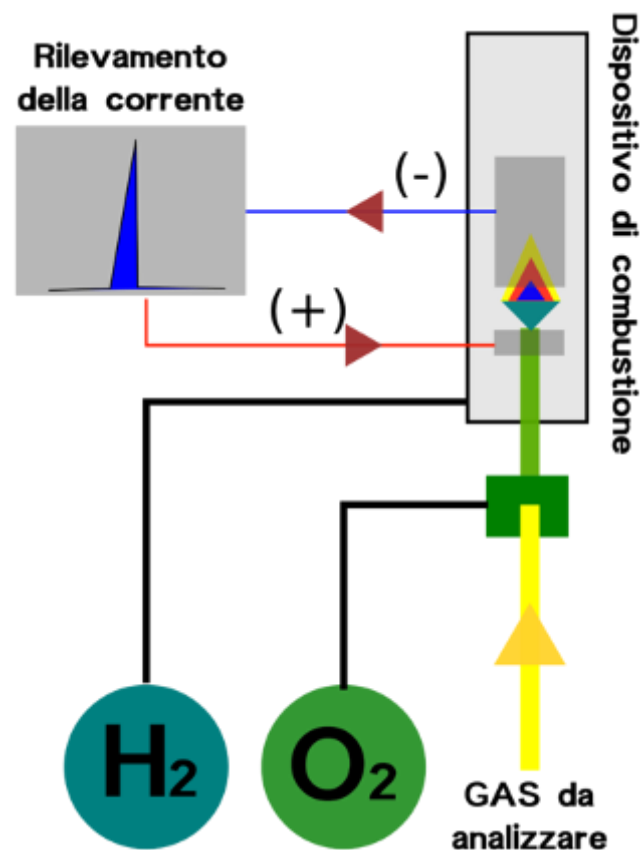


❖ FID (detector a ionizzazione di fiamma)

Pirolisi dei composti organici tramite fiamma

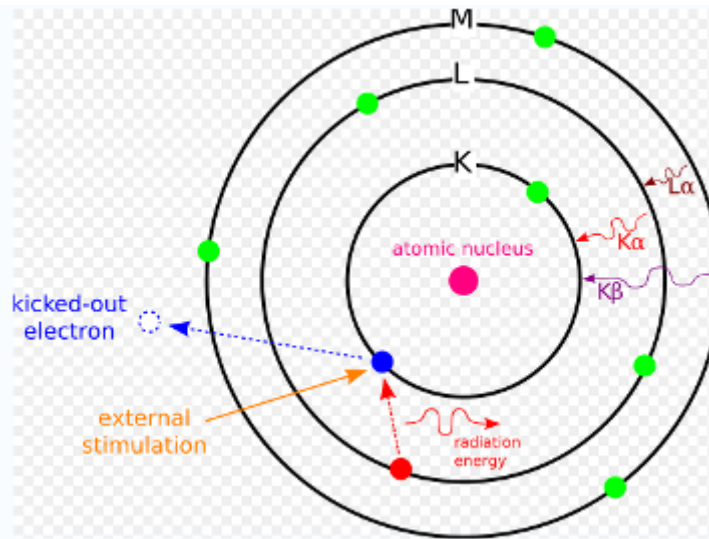


formazione di elettroni e cationi rilevati dalla sonda (due elettrodi disposti lungo il percorso della fiamma).



❖ SEM – EDX (Energy Dispersive X-ray)

- **Basato su collimazione fascio elettronico (raggi X) su campione**

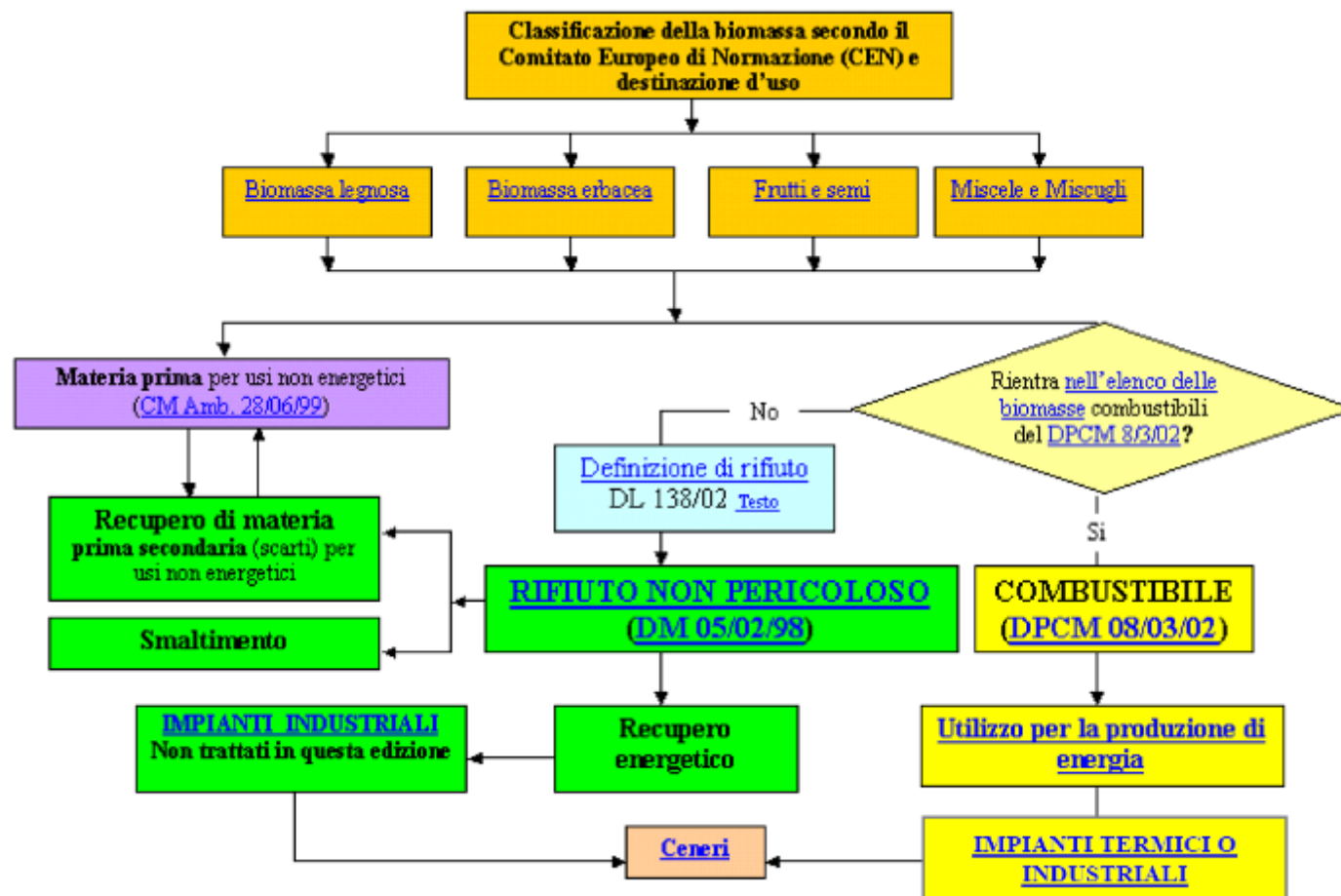


Quadro Legislativo di Riferimento



- ❖ **D.P.R. 203/88: Legge Quadro sull'inquinamento atmosferico**
 - Linee guida per contenimento;
 - Autonomia delle regioni;
 - Iter autorizzativi;
 - Sanzioni.
- ❖ **D.P.R. 25/7/91 – emissioni poco significative;**
- ❖ **D.M. 21/12/95 – controllo emissioni impianti industriali;**
- ❖ **D.Lgs. 4/8/99 – attuazione direttiva 96/62 CE per valutazione e gestione qualità aria;**
- ❖ **D.M. 25/8/00 – aggiornamento metodi campionamento e analisi;**

La Legge di riferimento era il
D.P.C.M. 8 Marzo 2002, ora DLGS 152
2006 (nuovo testo unico ambientale)



La Legge di riferimento era il

D.P.C.M. 8 Marzo 2002, ora DLGS 152 2006 (nuovo testo unico ambientale)

EMISSIONI GASSOSE COMB. BIOMASSA		DPCM 08/03/2002 Limiti di emissione (mg/Nm ³ , O ₂ @ 11% anidri)				
		media oraria		media giornaliera		
	≥ 35 ÷ ≤ 150 kW	> 0,15 ÷ ≤ 3 MW	> 3 ÷ ≤ 6 MW	> 6 ÷ ≤ 20 MW		> 20 MW
Polveri totali	200	100	30	30		30
COT	-	-	-	30		20
CO	-	350	300	250	150	200
NO _x ⁱ	-	500	500	400	300	400
SO _x ⁱ	-	200	200	200		200

i Espressi come rispettivamente NO₂ e SO₂

	1-3 MW	3-6 MW	6-20 MW	> 20MW
Alimentazione automatica del combustibile	OBBLIGATORIO			
Misura in continuo in camera combustione (T, O ₂) e regolazione automatica aria/combustibile		OBBLIGATORIO		
Bruciatore pilota			OBBLIGATORIO	
Misura in continuo: T, CO, NO _x , vapore			OBBLIGATORIO	
Misura in continuo: polveri, COT				OBBLIGATORIO

Normative Tecniche

Inquinanti normati

- **SO_x:**
 - ❑ **UNI 9967:1992 – spettrometria pararosanilina;**
 - ❑ **UNI 10246-1:1993 – metodo turbidimetrico;**
 - ❑ **UNI 10246-2:1993 – metodo gravimetrico;**
 - ❑ **UNI 10393:1995 – metodo strumentale
(estrazione diretta);**
 - ❑ **UNI EN 14791:2006 – metodo di riferimento
cromatografia ionica e
metodo di Thorin;**

Normative Tecniche

Inquinanti normati

- **SOx:**
 - ❑ UNI 9967:1992 – spettrometria pararosanilina;
 - ❑ UNI 10246-1:1993 – metodo turbidimetrico;
 - ❑ UNI 10246-2:1993 – metodo gravimetrico;
 - ❑ UNI 10393:1995 – metodo strumentale
(estrazione diretta);
 - ❑ UNI EN 14791:2006 – metodo di riferimento
cromatografia ionica e
metodo di Thorin;
- **NOx:**
 - ❑ UNI 9970:1992 – acido fenildisolfonico;
 - ❑ UNI 10878:2000 – spettrometria NDIR, NDUV e
chemiluminescenza;
 - ❑ UNI 14792:2006 – chemiluminescenza, metodo
di riferimento
(estrazione diretta)

Inquinanti normati

- **CO:**
 - ❑ **UNI 9968:1992 – gascromatografia (CO,CO₂, N₂, O₂ + H₂, CH₄ e C₃H_m);**
 - ❑ **UNI EN 15058:2006 – metodo di riferimento spettrometria NDIR;**

Inquinanti normati

- **CO:**
 - ❑ UNI 9968:1992 – gascromatografia (CO, CO₂, N₂, O₂ + H₂, CH₄ e C₃H_m);
 - ❑ UNI EN 15058:2006 – metodo di riferimento spettrometria NDIR;
- **COT:**
 - ❑ UNI EN 12619:2002 – rilevamento in continuo con ionizzazione di fiamma;
 - ❑ UNI 13526:2002 – stesso metodo, ma per effluenti con solventi;

Inquinanti normati

- **CO:**

- ❑ UNI 9968:1992 – gascromatografia (CO, CO₂, N₂, O₂ + H₂, CH₄ e C₃H_m);
- ❑ UNI EN 15058:2006 – metodo di riferimento spettrometria NDIR;

- **COT:**

- ❑ UNI EN 12619:2002 – rilevamento in continuo con ionizzazione di fiamma;
- ❑ UNI 13526:2002 – stesso metodo, ma per effluenti con solventi;

- **Polveri:**

- ❑ UNI EN 13284-1:2003 – metodo manuale gravimetrico;
- ❑ UNI EN 13284-2:2005 – sistemi di misura automatici;

Inquinanti e aspetti **NON** normati

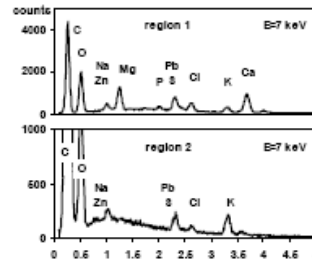
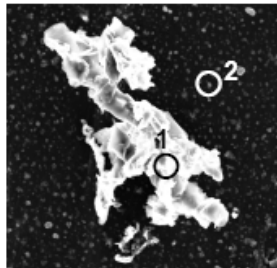
- **Dimensione, Morfologia e Composizione Polveri**
- **Metalli Pesanti**
- **Composti Organici**
- **Diossine, Furani e PCB (*bifenili policlorurati*)**
- **Metalli alcalini**

Inquinanti e aspetti **NON** normati

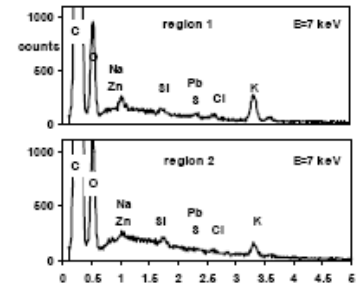
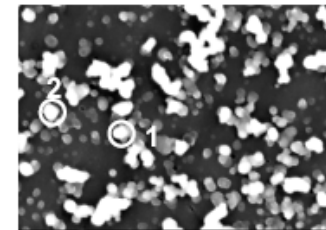
- **Dimensione, Morfologia e Composizione Polveri**
- **Metalli Pesanti**
- **Composti organici**
- **Diossine, Furani e PCB (*bifenili policlorurati*)**
- **Metalli alcalini**

❖ Dimensione, Morfologia e Composizione delle Polveri

- Effetti sulla salute umana;
- Capacità di interagire con altri inquinanti;
- Influenza su propagazione e diffusione nell'ambiente;
- Particelle piccole: C, **K**, **Na**, S, Cl, metalli pesanti (Zn, Pb, Hg);
- Particelle più grandi: **Ca**, Si, **Mg**, Al.



Legno di faggio



Corteccia di faggio

Inquinanti e aspetti **NON** normati dal

- **Dimensione, Morfologia e Composizione Polveri**
- **Metalli Pesanti**
- **Composti organici**
- **Diossine, Furani e PCB (*bifenili policlorurati*)**
- **Metalli alcalini**

❖ **Metalli pesanti**

- **Hg:**

- ❑ **UNI EN 13211:2003 – mercurio totale in camini ed effluenti gassosi**
- ❑ **UNI EN 14884:2006 – sistemi automatici;**

- **As,Cd,Cr,Co,Cu,Mn,Ni,Pb,Sb,Tl,V:**

- ❑ **UNI EN 14385:2004 – metodo manuale riferimento per concentrazioni in massa (inceneritori);**

Inquinanti e aspetti **NON** normati dal

- **Dimensione, Morfologia e Composizione Polveri**
- **Metalli Pesanti**
- **Composti organici**
- **Diossine, Furani e PCB (*bifenili policlorurati*)**
- **Metalli alcalini**

- **Composti Organici:**
 - ❑ **UNI EN 13649:2002 – metodo con carboni attivi e desorbimento con solvente;**
- **Diossine**
 - ❑ **UNI EN 1948-1/4:2006**

Inquinanti e aspetti **NON** normati

- Dimensione, Morfologia e Composizione Polveri
- Metalli Pesanti
- Composti organici
- Diossine, Furani e PCB (*bifenili policlorurati*)
- **Metalli alcalini**

...Domande ?

