



FILIERA DEL VITIVINICOLO: VALORIZZAZIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE



Gli impianti di pirogassificazione escono dai laboratori

Ing. Domenico A. MATERA - Ricercatore ENEA

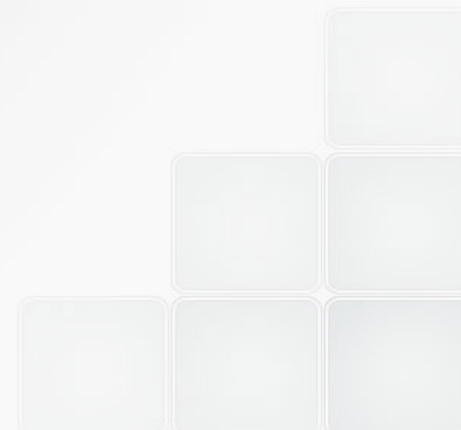
Convegno

FILIERA DEL VITIVINICOLO: VALORIZZAZIONE ENERGETICA DELLE BIOMASSE

Treviso 12 Dicembre 2013



Unioncamere
Veneto





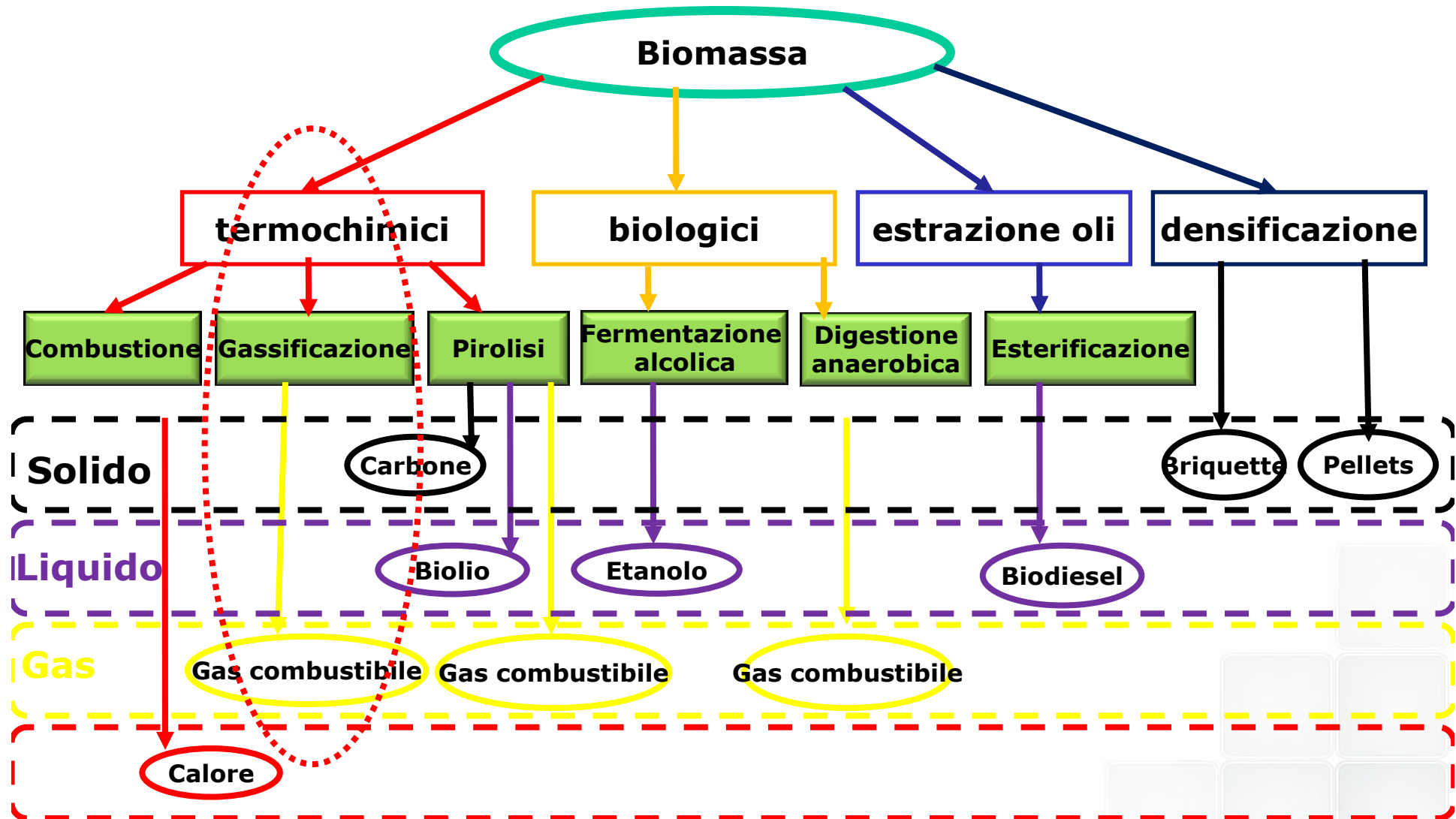
Unioncamere
Veneto



Trasformazioni energetiche Biomasse

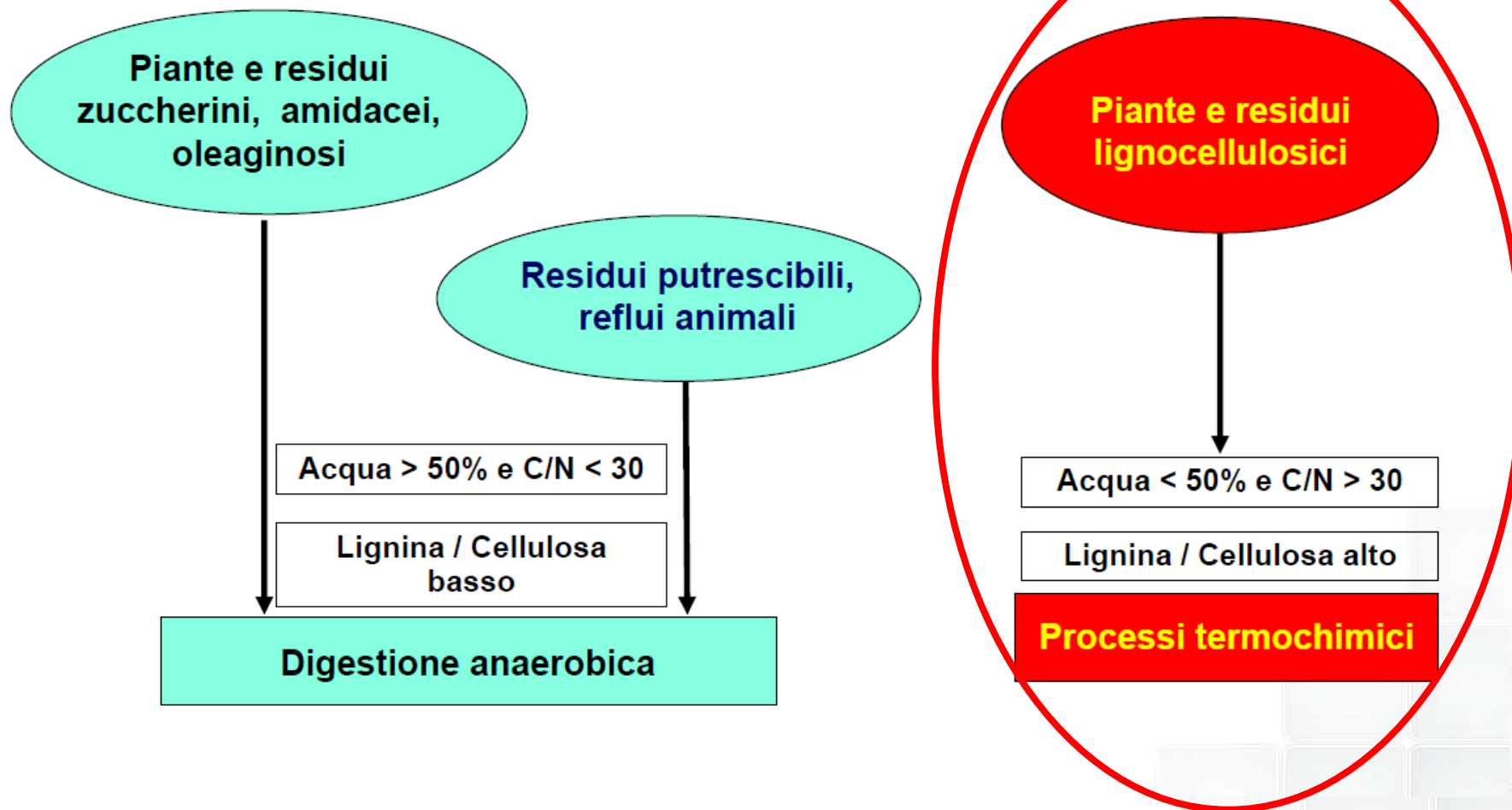


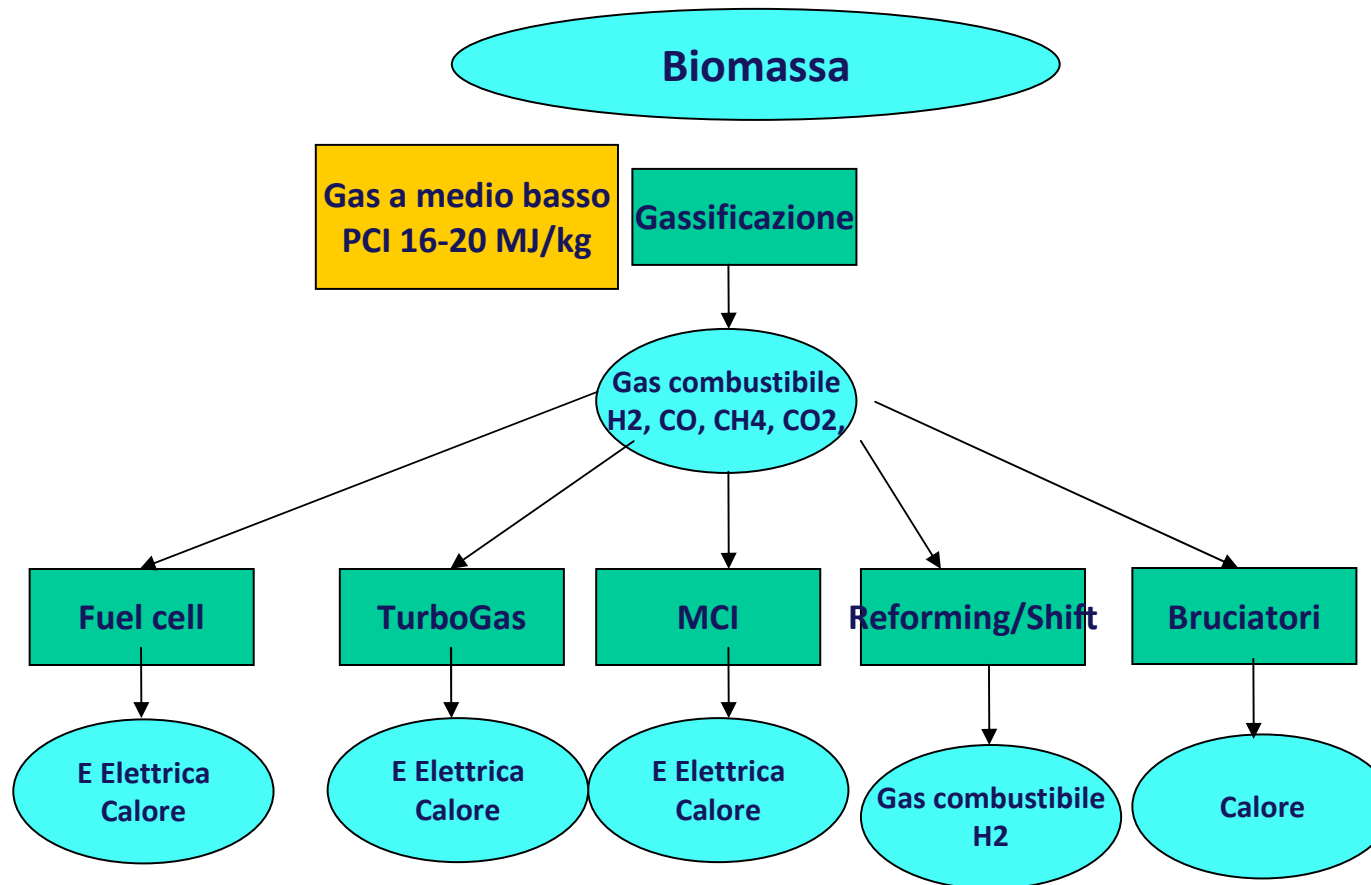
- La trasformazione energetica delle biomasse consta nella trasformazione della forma del vettore energetico, passando da una forma solida quale legno, sansa di olive, gusci ecc., caratterizzati:
 - -da bassi valori della densità energetica,
 - -di difficile e non flessibile uso,
 - in vettori liquidi o gassosi caratterizzati da una densità energetica notevolmente più alta , più facilmente utilizzabile e flessibile.





Valorizzazioni





Perché

- trasporto e distribuzione
- utilizzo in motori endotermici per generazione su piccola scala
- alta efficienza di conversione per potenze medio/piccole
- alimentazione di dispositivi di conversione avanzati (micro-turbine, cella a combustibile)
- utilizzo in processi di sintesi (ad es. per la produzione di bio-combustibili)



Gassificazione



Biomasse

Sarmenti
 Umidità raccolta(M): 18-55 [%] raccolta
 Potere calorifico: 16-19 [MJ/kgss]

Vinacce
 Umidità(M): 55-65 [%] dopo vinif.
 Potere calorifico: 17-18 [MJ/kg]

Produzione energia elettrica/calore
Gas per sintesi
Produzione idrogeno

1 Pretrattamento

- comminuzione
- essiccazione

Aria
 Vapore
 Ossigeno



2 Gassificazione

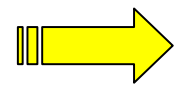
Tipo processo
 Agente gassificante
 Temperatura
 Pressione

Tecnologie
 Letti fissi
 Letti fluidi
 Trascinati

3 Cleaning

Famiglie inquinanti
 Ceneri
 Composti acidi (HCl, HCN, H₂S)
 TAR

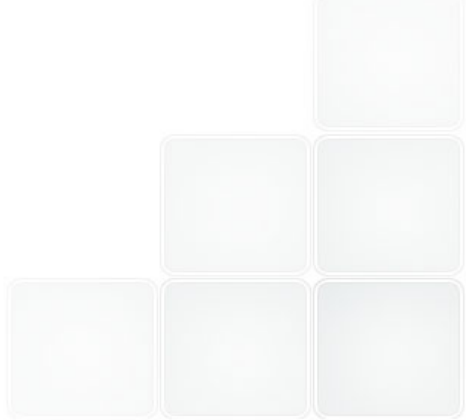
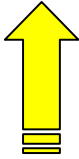
Tecniche di cleaning:
 cicloni
 filtri a maniche
 filtri elettrostatici
 scrubber



Gas combustibile

PCI 5-15 MJ/Nmc
 Produzione: 1-2 kg_{gas}/kg_{biom}

4 Utilizzo

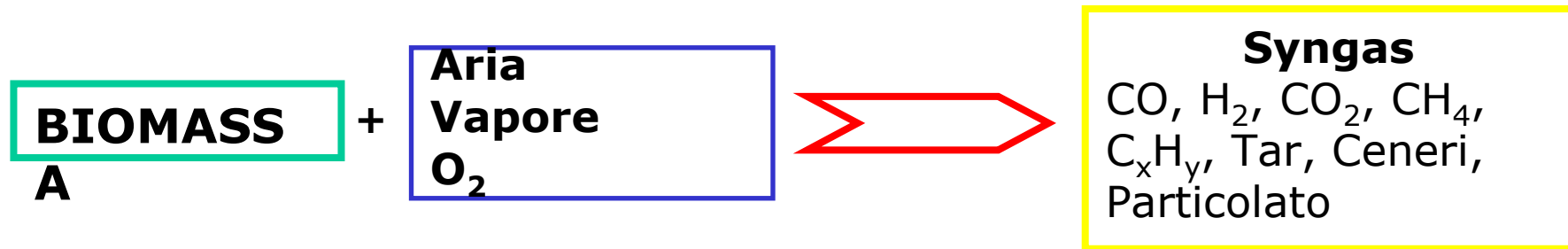




1. Processo

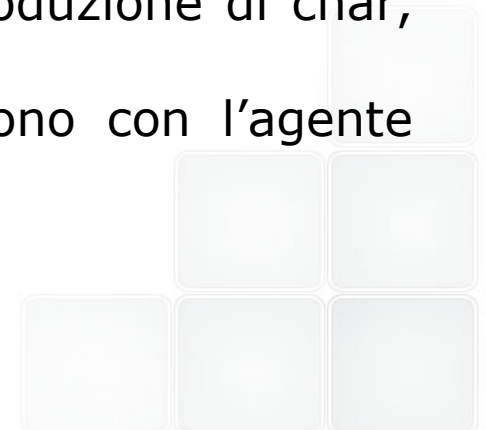


La gassificazione è un processo fisico chimico complesso per mezzo del quale si realizza la parziale ossidazione dei composti carboniosi ad alta temperatura in presenza di aria o/e vapor d'acqua. (trasformazione del combustibile solido in gassoso)



Consta di 3 fasi:

1. essiccazione, ovvero disidratazione del materiale;
2. pirolisi, ovvero parziale distillazione del legno con produzione di char, tar e prodotti gassosi;
3. gassificazione in cui i prodotti della pirolisi reagiscono con l'agente gassificante dando origine a CO, H₂, CO₂, CH₄, C_xH_y





Unioncamere
Veneto



2. Processo



Le variabili del processo

- a) composizione chimica e proprietà fisiche del combustibile (pezzatura, contenuto di umidità)
- b) agente gassificante (tipo, temperatura di ingresso)**
- c) temperatura di esercizio**
- d) pressione di esercizio
- e) rapporto di equivalenza (per la gassificazione ad aria od ossigeno)**
- f) rapporto vapore/combustibile (per la gassificazione a vapore)**
- h) tempo di permanenza del combustibile nel reattore
- i) eventuale uso di catalizzatori e relativa composizione e dimensioni
- j) tipologia di reattore di gassificazione**





b) agente gassificante

Per quanto concerne gli agenti gassificanti quelli utilizzati sono:

- **O₂**

- **aria**

- **vapor d'acqua**

La gassificazione con **aria** o con **ossigeno** è da un punto di vista chimico uguale la differenza consta nel diverso potere calorifico variabile tra 4-7 MJ/m³ per l'aria e tra 10-18 MJ/m³ per l'ossigeno, conseguente la diluizione provocata dal contenuto di azoto dell'aria.

La gassificazione con **vapore** produce un gas a medio potere calorifico di composizione alquanto diversa dalla precedente per via del maggior peso delle reazioni di shift e reforming.

L'autotermicità del processo è garantita nel caso delle prime due mentre non lo è per la terza.

Tale ostacolo è di solito superato effettuando una gassificazione mista con ossigeno e vapore ovvero con reattori a circolazione interna di materiale solido

	aria	ossigeno	vapore
CO	12-15	30-37	32-41
CO ₂	14-17	25-29	17-19
H ₂	9-10	30-34	24-26
CH ₄	2-4	4-6	12.4
C ₂ H ₄	0.2-1	0.7	2.5
N ₂	56-59	2-5	2.5
potere calorifico inferiore (MJ/Nm ³)	3.8-4.6	10	12-13
resa del gas (Nm ³ /kg legno secco)	2.3-3	1.3-1.45	-



b) agente gassificante

Per quanto concerne gli agenti gassificanti quelli utilizzati sono:

- **O₂**

- **aria**

- **vapor d'acqua**

La gassificazione con **aria** o con **ossigeno** è da un punto di vista chimico uguale la differenza consta nel diverso potere calorifico variabile tra 4-7 MJ/m³ per l'aria e tra 10-18 MJ/m³ per l'ossigeno, conseguente la diluizione provocata dal contenuto di azoto dell'aria.

La gassificazione con **vapore** produce un gas a medio potere calorifico di composizione alquanto diversa dalla precedente per via del maggior peso delle reazioni di shift e reforming.

L'autotermicità del processo è garantita nel caso delle prime due mentre non lo è per la terza.

Tale ostacolo è di solito superato effettuando una gassificazione mista con ossigeno e vapore ovvero con reattori a circolazione interna di materiale solido

	aria	ossigeno	vapore
CO	12-15	30-37	32-41
CO ₂	14-17	25-29	17-19
H ₂	9-10	30-34	24-26
CH ₄	2-4	4-6	12.4
C ₂ H ₄	0.2-1	0.7	2.5
N ₂	56-59	2-5	2.5
potere calorifico inferiore (MJ/Nm ³)	3.8-4.6	10	12-13
resa del gas (Nm ³ /kg legno secco)	2.3-3	1.3-1.45	-



c) temperatura di esercizio

La temperatura è il parametro di maggior rilevanza nel processo di gassificazione perché influenza la cinetica delle reazioni e ne condiziona le rese all'equilibrio. All'aumentare della temperatura la qualità del gas prodotto migliora:

I.aumentano le frazioni di H₂ e CO

II.aumenta il contenuto energetico (entalpia) del gas

III.diminuisce la concentrazione di tar

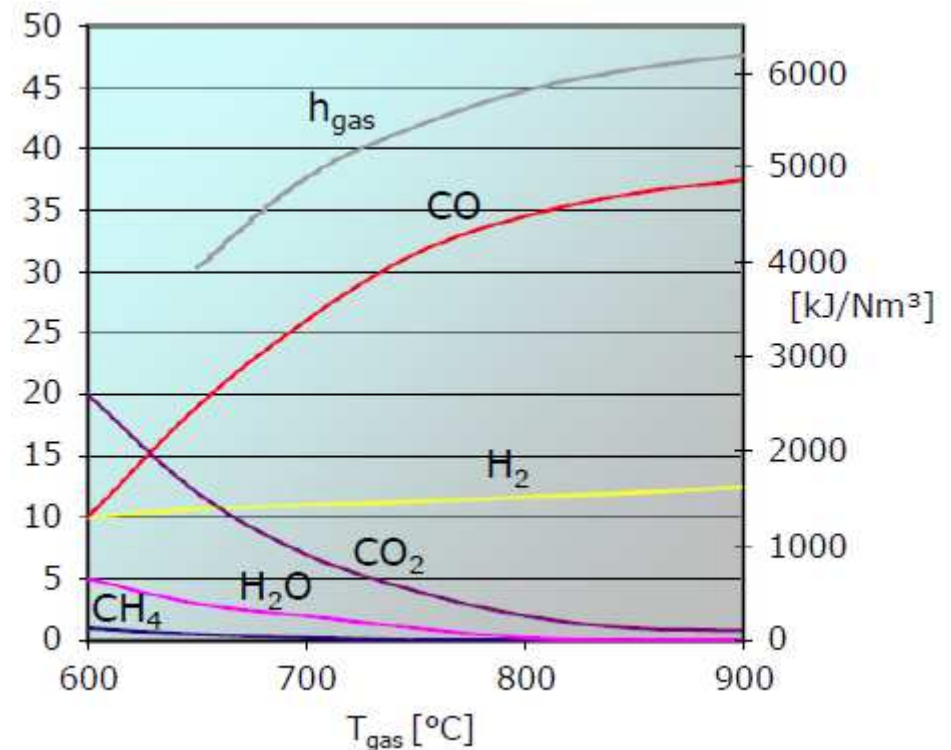
Di contro:

i.riduzione della frazione di CH₄

ii.gestione dell'impianto più impegnativa con richiesta di materiali più pregiati

iii.aumento della spesa energetica con diminuzione del rendimento del processo

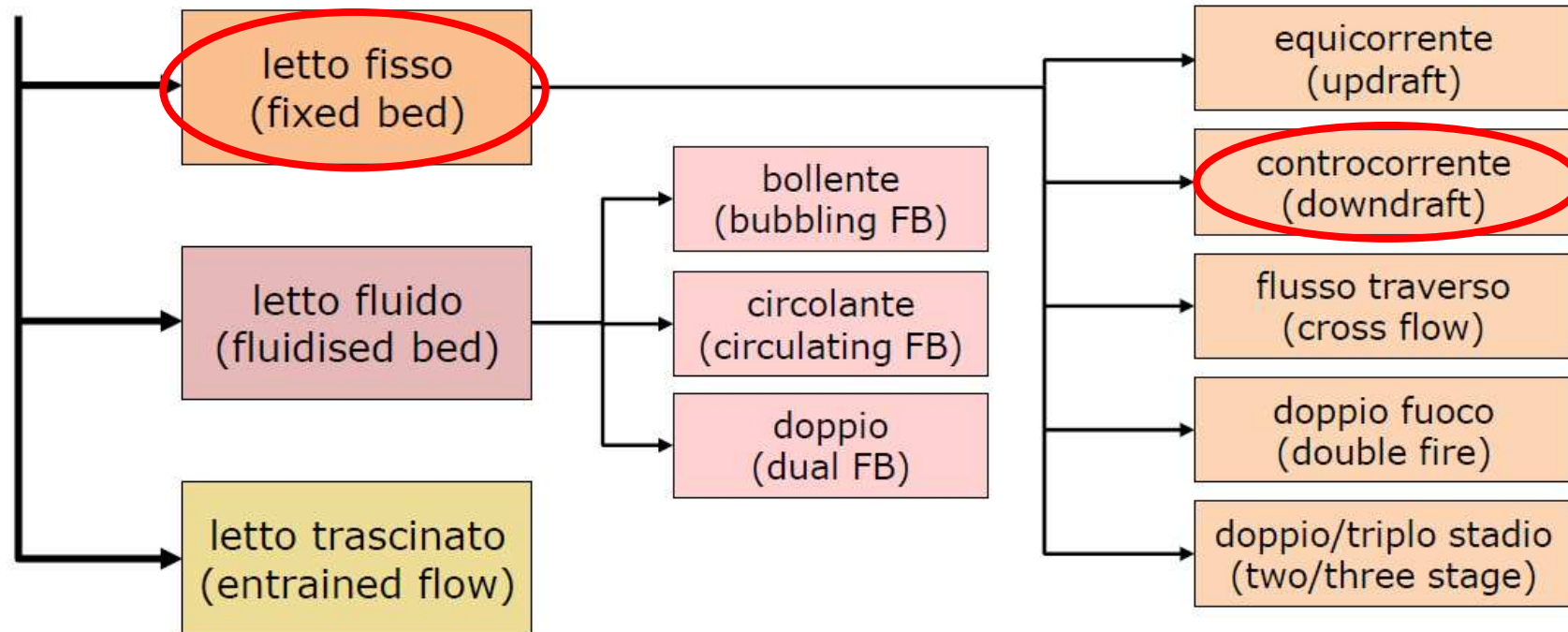
iv.alto calore sensibile del gas recuperabile con maggiore complessità di impianto





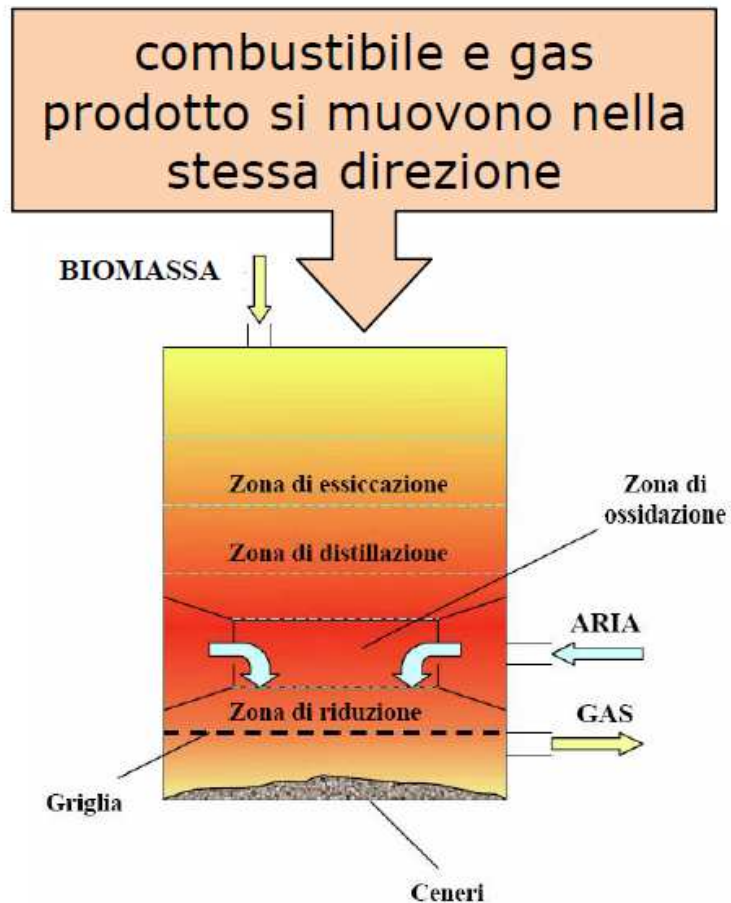
j) tipologia di reattore di gassificazione

La classificazione delle tecnologie di gassificazione più comune è basata sulla tipologia di reattore:





Reattore a letto fisso “down-draft” controcorrente



Pro-contro

I. tecnologia più complessa e costosa, ma comunque abbastanza matura dal punto di vista commerciale

II. reattore sensibile a variazione carico

III. scalabilità limitata capacità < 3 MW t

IV. combustibile di dimensioni uniformi e piuttosto grandi (20 ÷ 100 mm)

V. meno tollerante rispetto al contenuto di umidità ($\leq 25\%$)

VI. gas basso tenore di tar (<1 g/Nm³) ma un rilevante contenuto di polveri

VII. temperatura di uscita è elevata (400 ÷ 1000 °C)

VIII. adatto alla produzione di elettricità



PULIZIA DEL SYNGAS

Contaminante	Esempio	Problemi	Metodo di pulizia
Particolati	Ceneri, particelle di char, materiale inerte del letto	Erosione	Filtraggio, scrubbing
Metalli alcalini	Composti di Na e K	Corrosione a caldo	Raffreddamento, condensazione, filtrazione, assorbimento
Azoto del combustibile	Principalmente NH ₃ ed HCN	Formazione di NO _x	Scrubbing, riduzione catalitica selettiva
Tars	Aromatici refrattari	Intasamento filtri, difficoltà di combustione, depositi	Cracking, rimozione
Zolfo, cloro	H ₂ S, HCl	Corrosione, emissioni	Scrubbing con dolomite o calce



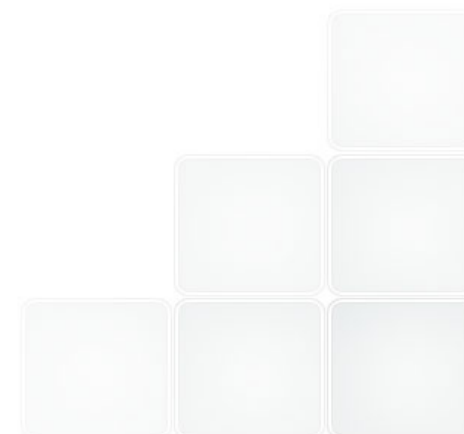
Sistemi di purificazione del gas

Sistemi di purificazione a secco:

- ciclone: polveri ($> 10 \mu\text{m}$)
- filtro a maniche: polveri (con additivi anche tar e composti acidi)
- filtro a candele ceramiche: polveri (con additivi anche tar e componenti acidi), funzionamento ad alta temperatura
- filtro a coalescenza: polveri, tar
- precipitatore elettrostatico: polveri, tar (nel funzionamento ad umido anche ammoniacca)
- assorbitore: tar, composti acidi, ammoniacca
- reforming catalitico: tar, ammoniacca

Sistemi di purificazione a umido (scrubber):

- venturi: polveri, tar, acido cloridrico, acido solfidrico
- torre : polveri, tar, acido cloridrico, acido solfidrico





Motori alternativi a combustione interna.



Particolato	< 50 mg/Nm³
Dimensioni particelle	< 10µm
Tar	< 50
mg/Nm³	
PCI	~ 4 MJ/Nm³

I motori devono essere opportunamente modificati per poter lavorare con il gas prodotto dalla gassificazione delle biomasse. Ciclo Otto o Dual Fuel
Le prestazioni del generatore dipendono dalle modifiche effettuate e dalle caratteristiche del gas combustibile.

$\eta_{el} = 25-35\%$

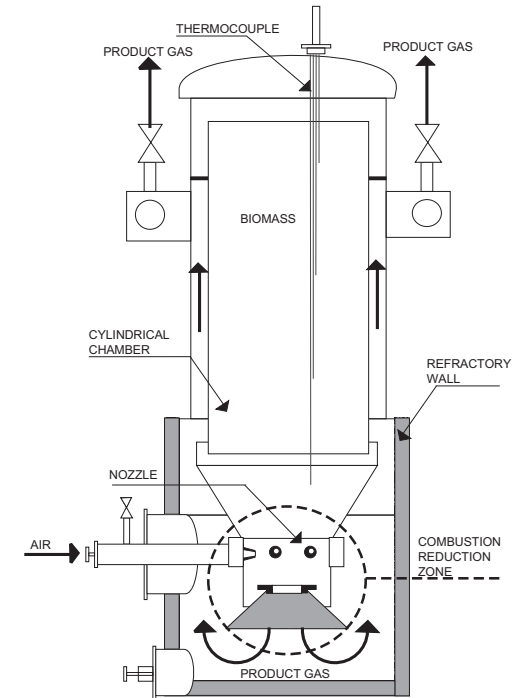
Recupero termico gas scarico (300-400°C, fluido raffreddamento 80-100°C)

La durata e il fabbisogno di manutenzione del generatore dipendono fortemente dalla qualità del gas prodotto.

Range: >10 kWe



Reattore a letto fisso "down-draft" controcorrente



I. gassificazione ad aria, potenza 30-80 kWe

II. gassificatore a letto fisso down draft

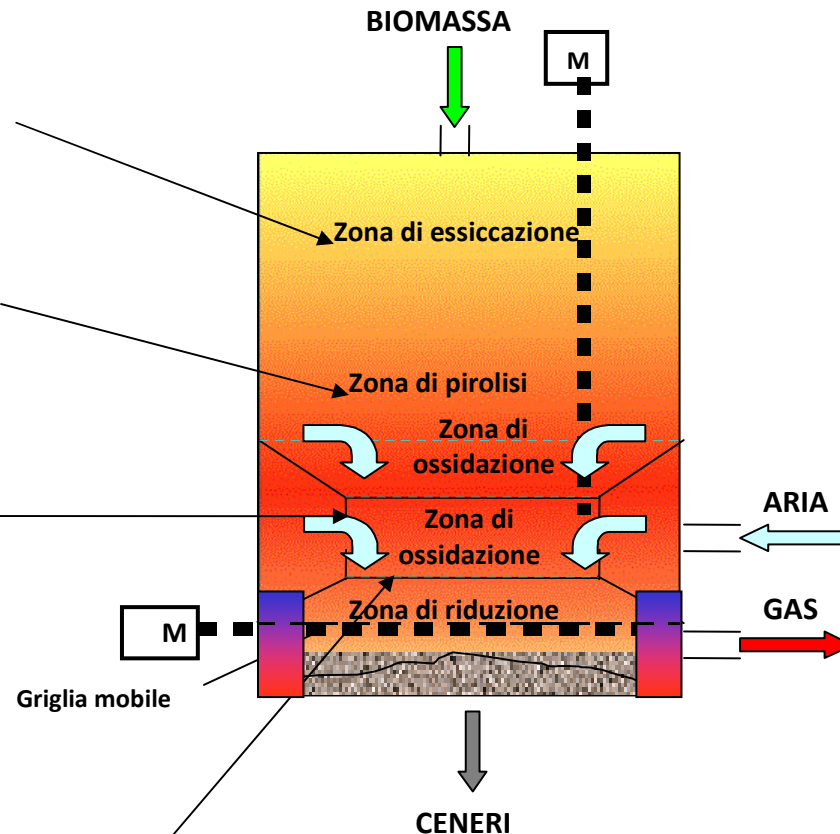
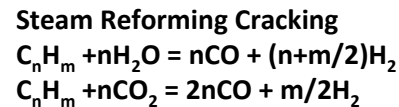
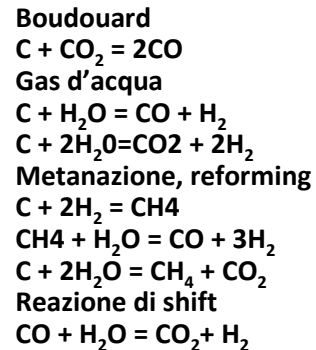
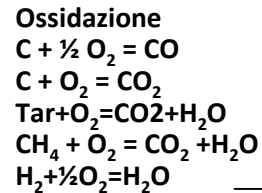
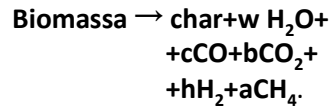
III. Produzione di energia elettrica con motori a combustione interna

CO	15-25
H ₂	10-16
CH ₄	1-3
CO ₂	15-20
N ₂	40-54
Tar (g/Nm ³)	0.6-0.9
LHV(KJ/Nm ³)	3770-4540

La gassificazione è un processo fisico chimico complesso per mezzo del quale si realizza la parziale ossidazione dei composti carboniosi ad alta temperatura in presenza di aria o/e vapor d'acqua.

Sviluppo gassificatore

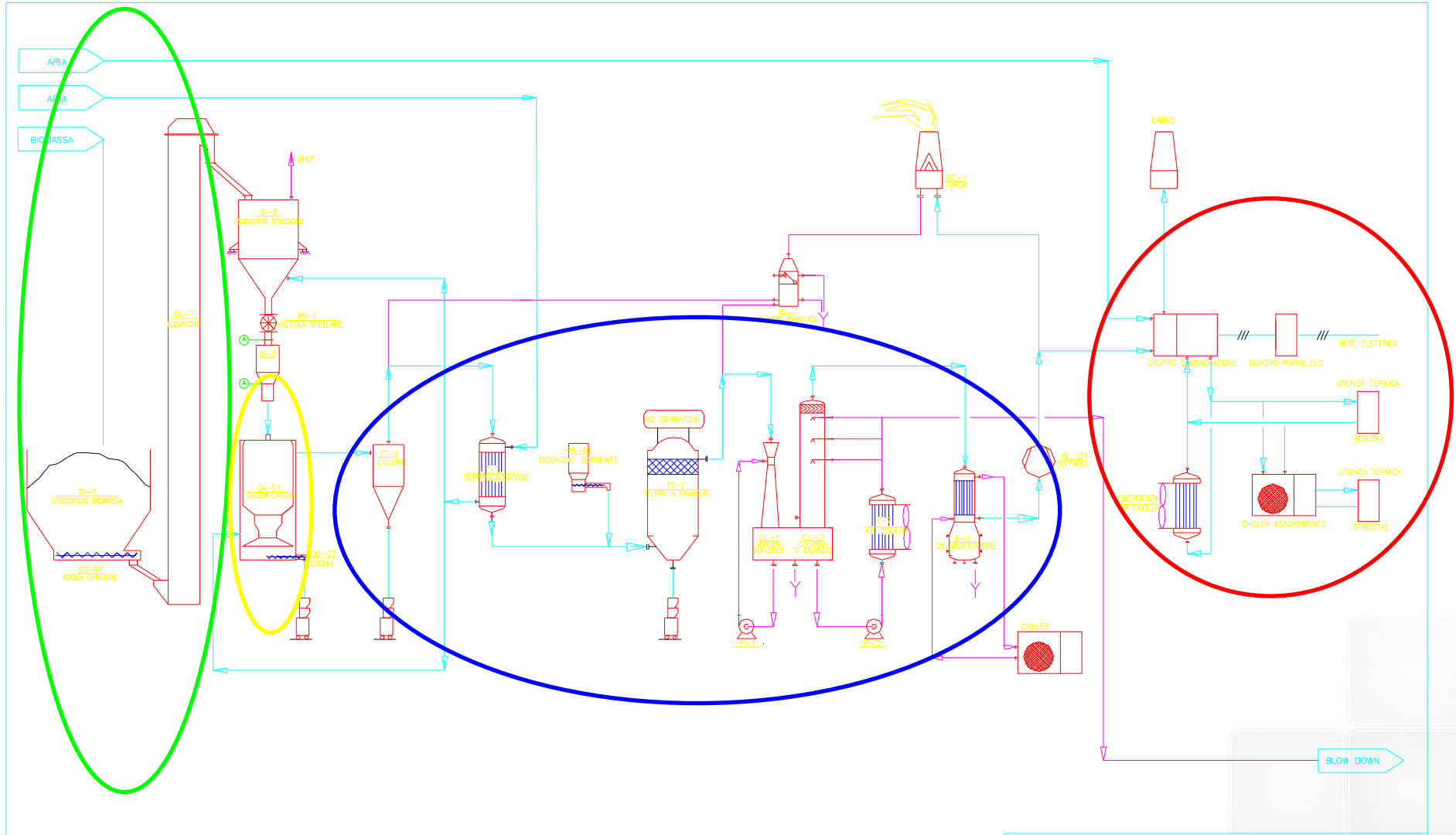
- bilancio termico;
- produzione di tar;
- produzione gas;



Azioni

- differenti zone di ossidazione;
- zona di cracking termico e i tar prodotti;
- alimentazione aria a temperatura media temperatura circa 573 [K] c
- griglia mobile al di sotto della zona di riduzione;
- sistema di movimentazione del letto.

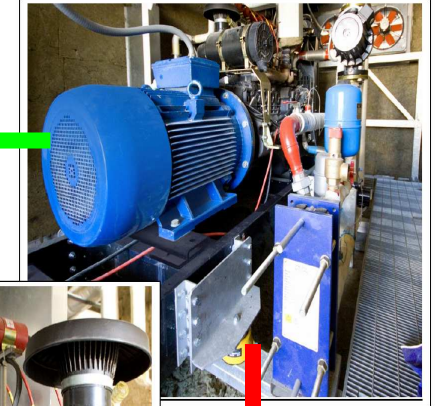




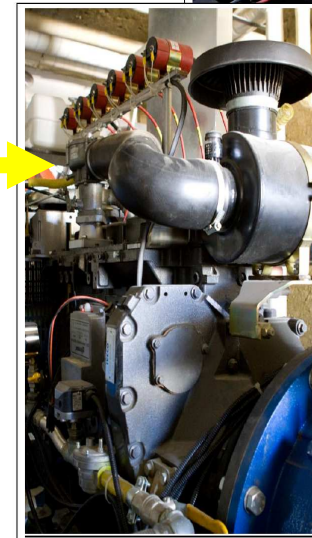
Schema di principio impianto di gassificazione per trigenerazione taglie 150–1500 kWt



**ENERGIA
ELETTRICA
200 kWe**



SYNGAS



**ENERGIA
TERMICA FREDDA
270 kWe**



**ENERGIA
TERMICA CALDA
340 kWe**



RISULTATI SPERIMENTALI

L'impianto pilota è in esercizio sperimentale allo scopo di valutarne i principali aspetti di processo, tecnici e gestionali (efficienza, specifica gas, affidabilità), con l'obiettivo di verificare il funzionamento della sezione di gassificazione a carico variabile ovvero con portate orarie di gas pari a 35, 70 e 110 Nm³/h.

Misure: portate gas/aria, carico biomassa, scarico ceneri/acqua, pressioni e temperatura, composizione gas.

Caratteristiche

$$PCI = \sum PCI_i \cdot \% vol_i$$

$$PCS = \sum PCS_i \cdot \% vol_i$$

$$\rho_G = \sum \rho_i \cdot \% vol_i$$

Bilanci

$$m_B \cdot (1 + \% UB) + m_A = m_G (1 + \% UG) + m_{ASH} + m_{CHAR}$$

$$m_{ASH} = m_B \cdot \%_{ASH} \quad m_A = Q_A \cdot \rho_A \cdot \Delta t$$

$$Q_B = \frac{m_B}{\Delta t}$$

$$m_G = Q_G \cdot \rho_G \cdot \Delta t$$

Parametri

$$\eta_s = \frac{Q_G \cdot PCI_G}{Q_B \cdot PCI_B}$$

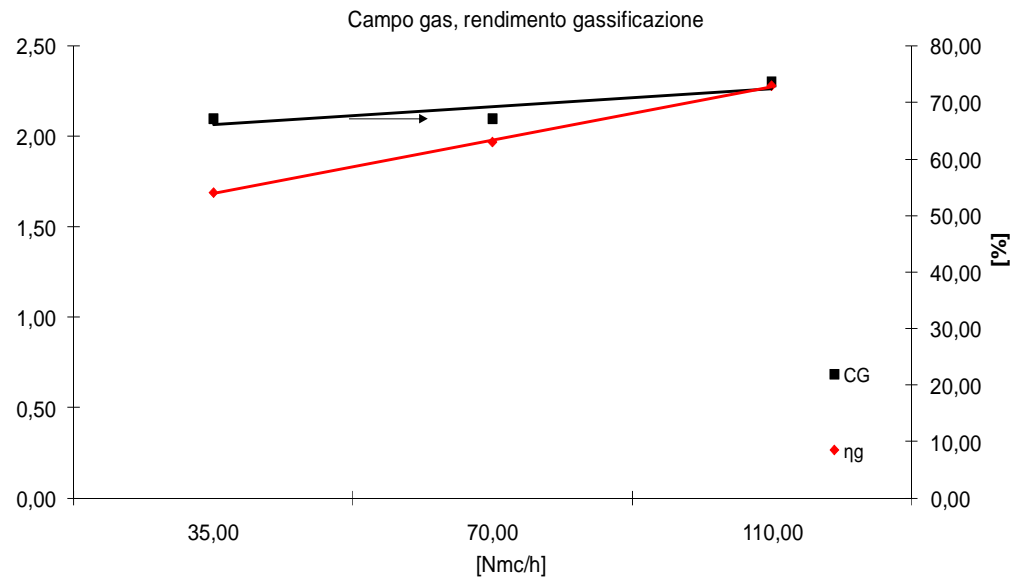
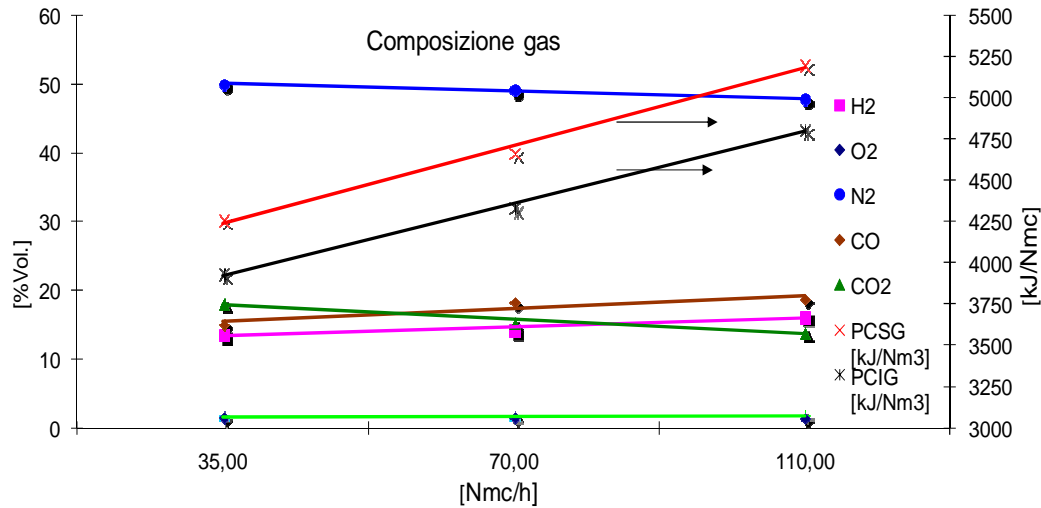
$$ER = \frac{m_A / m_B}{m_{Ast} / m_B}$$

La caratterizzazione del materiale in ingresso costituita da legno in forma mista cippato-tronchetti di pioppo è stata effettuata in accordo con le norme CEN/TS.

Caratterizzazione chimico-fisica matrice

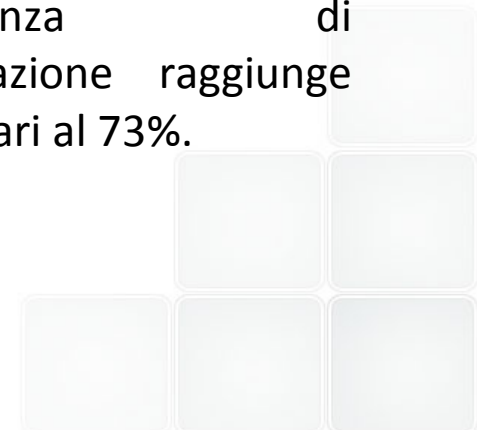
U%	15-30
Volatili	83.4
C. fisso	13.9
Dimensioni [mm]	10/50/60
PCI [kJ/kg]	16700
PCS [kJ/kg]	17800
Ash%	2.4
Rapp. Combust.	5.73

Caratteristiche gas, Efficienza, Campo gas.



I risultati evidenziano un miglioramento delle caratteristiche del gas con l'aumento del carico indice di migliore condizioni di processo (maggiori temperature nel gassificatore, minori perdite termiche relative etc).

Il campo di gas CG è pari a circa 2.1-2.3, L'efficienza di gassificazione raggiunge valori pari al 73%.

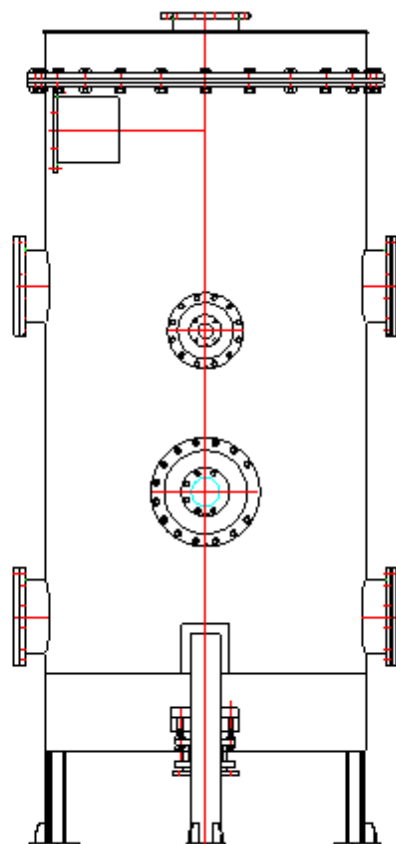


Taglie

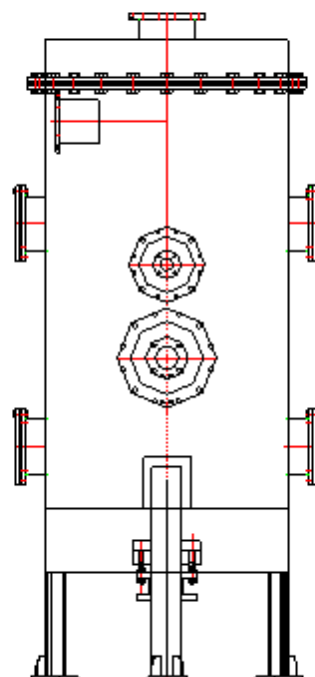
Gli impianti proposti hanno una potenza nel range 150-1500 kWt nell'ipotesi di accoppiamento con gruppi elettrogeni, alimentazione con un residuo avente potere calorifico di 14.650 kJ/kg e di disponibilità annua pari a 6500 h/anno gli impianti necessitano di portate orarie di residui nel range di 37-370 kg/h ed annue 360-1950 t/anno.

Modello	Potenza termica [kWt]	Portata residuo [kg/h]	Efficienza lorda [η]	Potenza Elettrica [kWe]	Potenza Termica c. [kWt]	Potenza Termica f. [kWt]	Disponibilità [h/anno]	Consumo annuo [t/a]	Produzione annua [MWh/a]
GA-50	220	55	23%	50	90	70	6500	358	325
GA-150	625	155	24%	150	260	200	6500	1010	975
GA-300	1200	300,0	25%	300	500	400	6500	1950	1950

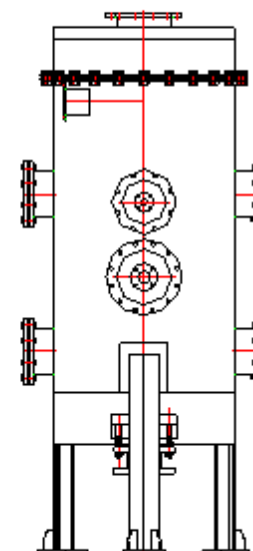
Taglie



Gassificatore GA-300



Gassificatore GA-150/200

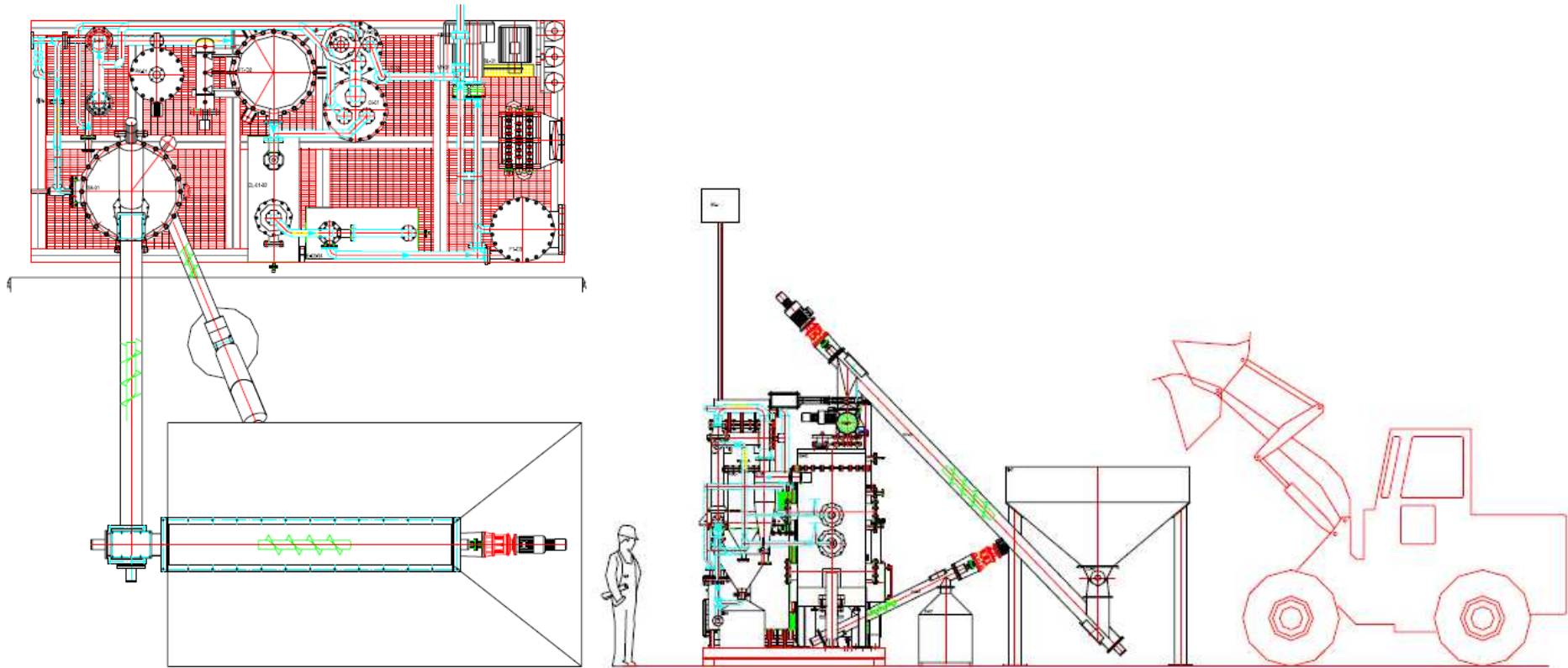


Gassificatore GA-50/100



Lay-out -dimensioni

GA-50-100 Potenza termica lorda: 150-350 kW Portata biomassa: 40-120 kg/h @ U=15%

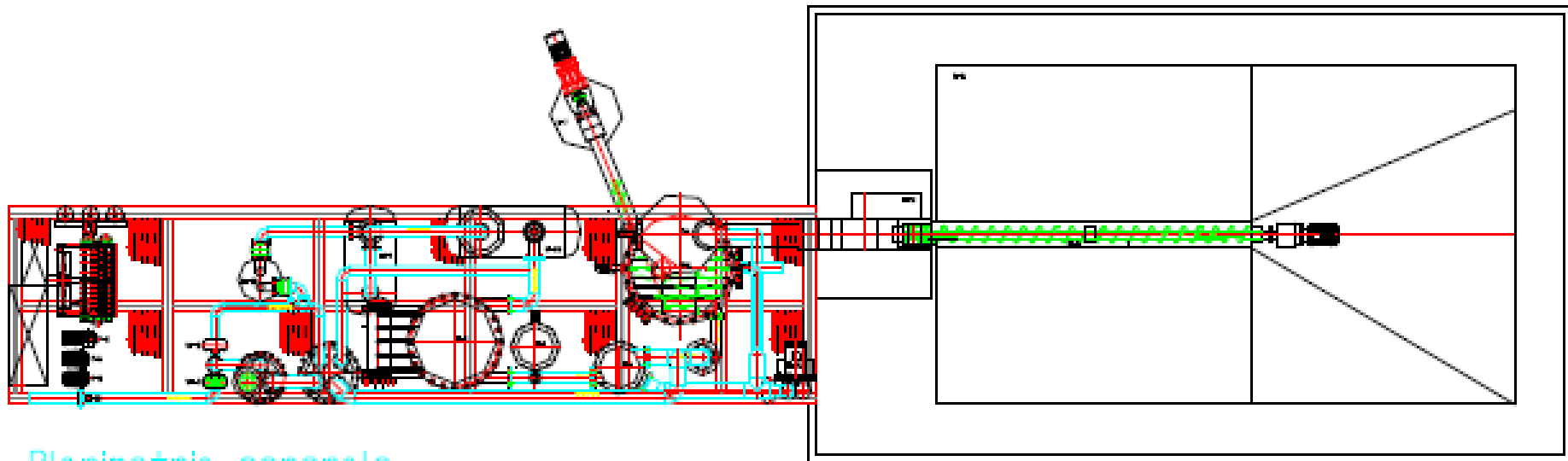


Planimetria generale

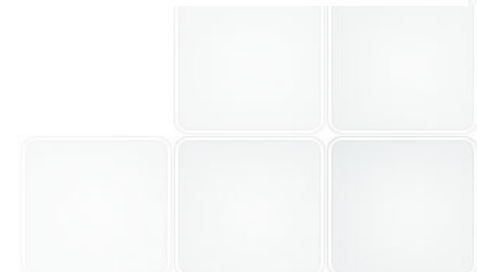


Lay-out -dimensioni

GA-150-200 Potenza termica lorda: 500-800 kW Portata biomassa: 150-250 kg/h @ U=15%

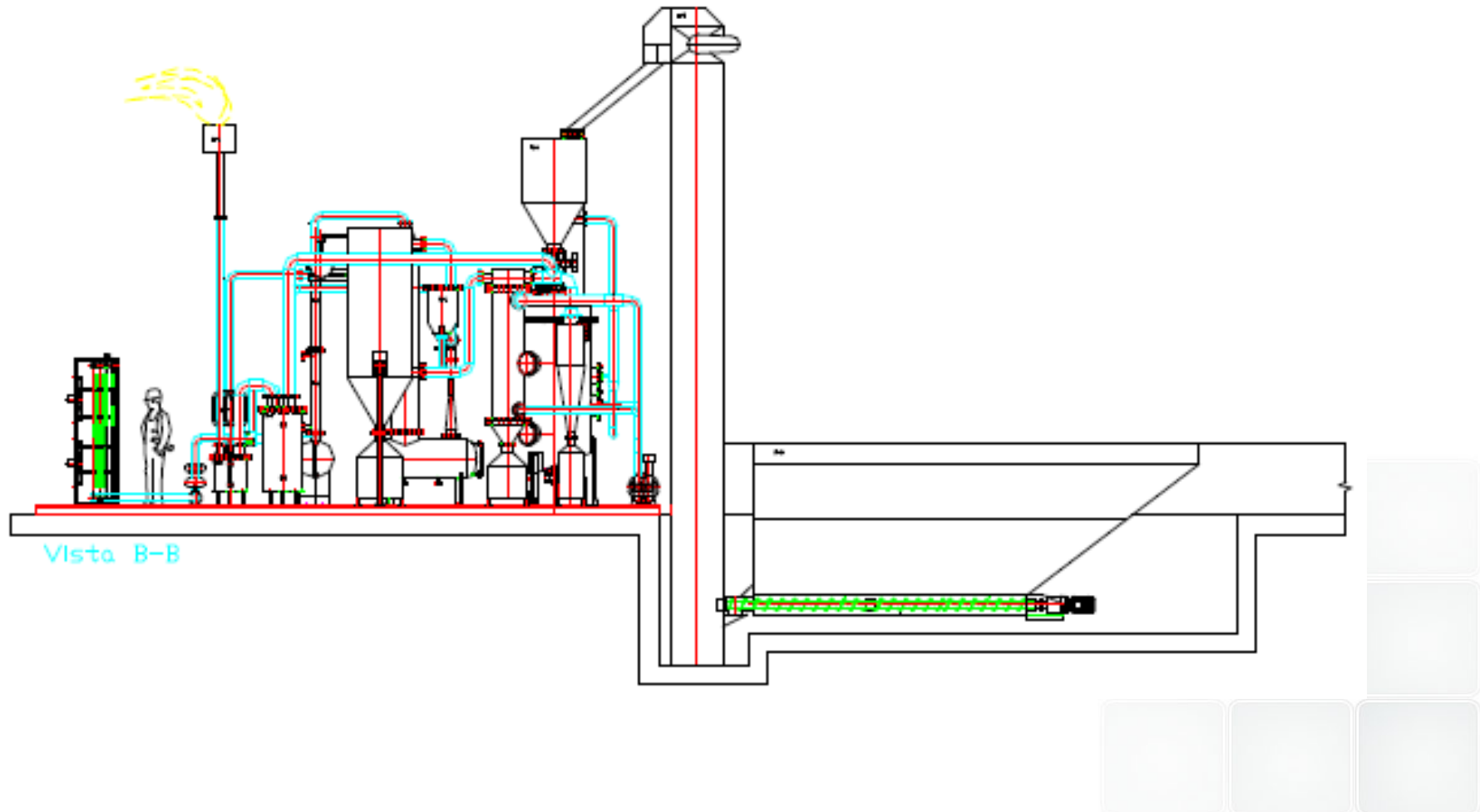


Planimetria generale



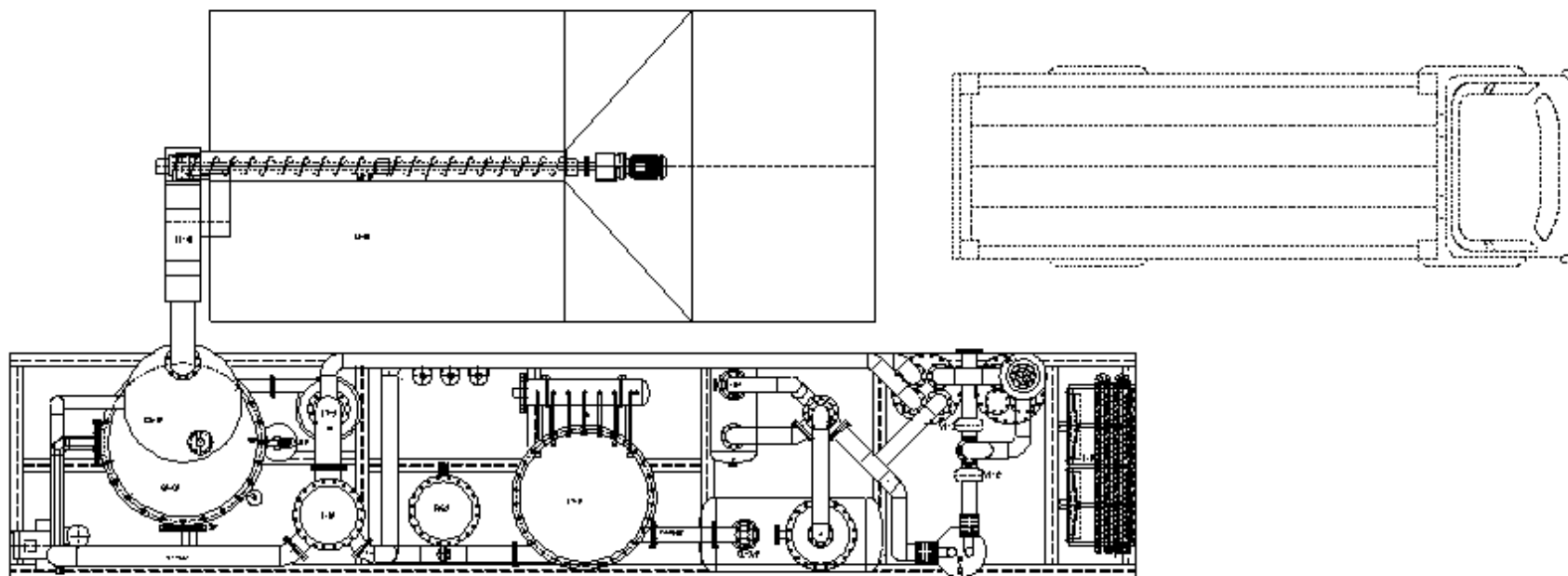
Lay-out -dimensioni

GA-150-200 Potenza termica lorda: 500-800 kW Portata biomassa: 150-250 kg/h @ U=15%

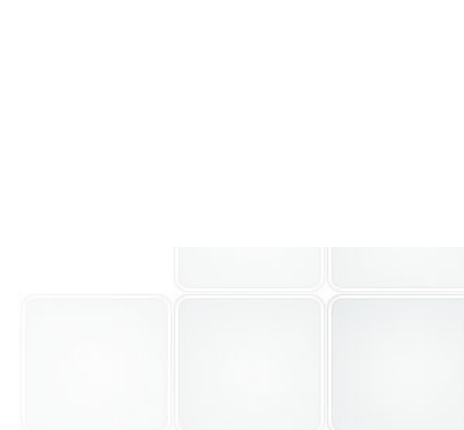


Lay-out -dimensioni

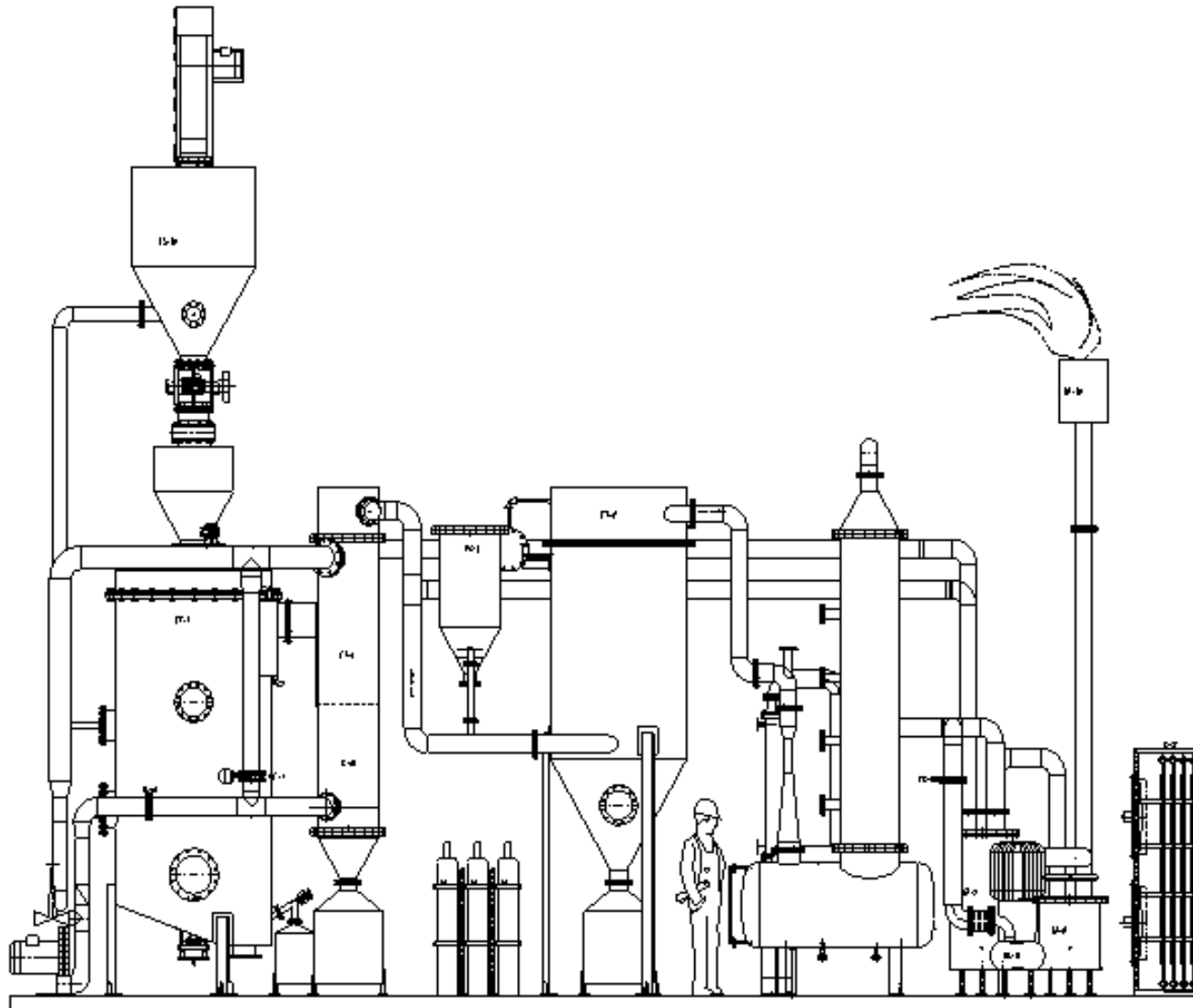
GA-300 Potenza termica lorda: 1100-1400 kW Portata biomassa: 290-340 kg/h @ U=15%



Planimetria generale



Lay-out -dimensioni



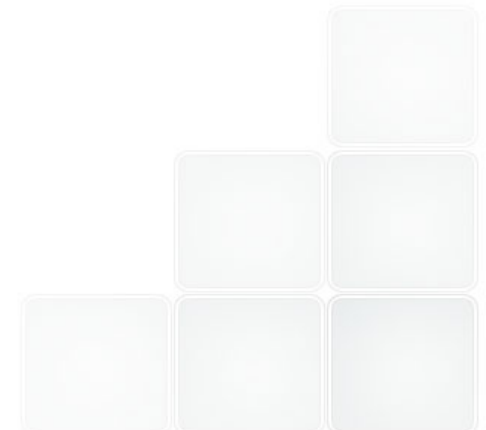
GA-300

Potenza termica lorda:

1100-1400 kW

Portata biomassa:

290-340 kg/h @U=15%



Esempi realizzativi:

Progetto cogenerazione a biomassa solida Comune di CANNA (CS)

REGIONE CALABRIA
COMUNE DI CANNA
 PROVINCIA DI COSENZA

PROGRAMMA OPERATIVO INTERREGIONALE
 "Energie rinnovabili e risparmio energetico"
 2007/2013

LINEA DI ATTIVITA' 1.3
"INTERVENTI A SOSTEGNO DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI NELL'AMBITO DELL'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI E UTENZE ENERGETICHE PUBBLICHE O AD USO PUBBLICHE"

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO TOTALMENTE INTEGRATO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA E INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI COGENERAZIONE ALIMENTATO A BIOMASSA SOLIDA PER LA PRODUZIONE COMBINATA DI ENERGIA ELETTRICA E TERMICA PER GLI EDIFICI DI PROPRIETA' COMUNALE.



Casa Comunale

Edif. Scolastico

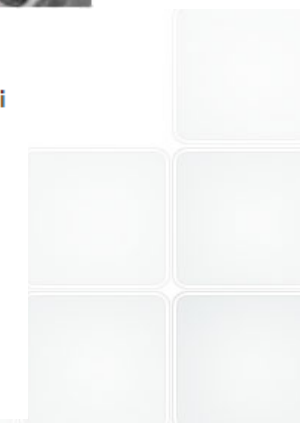
Ambulatorio

Dati generali d'impianto

<i>Capacità nominale</i>	
Oraria:	75 kg/h (@ 15 U% tq)
<i>Capacità massima:</i>	85 kg/h (@ 15 U% tq)
Potere calorifico progetto:	15.6 MJ/kg (@ 15 U% tq)
Capacità termica di progetto	
<i>Capacità nominale:</i>	300,0 kWt
<i>Capacità massima:</i>	350,0 kWt
Potenza erogabile alternatore:	69 kWe
Tensione di erogazione:	380 V
Potenza termica recuperata	115 kWt @ 90°C

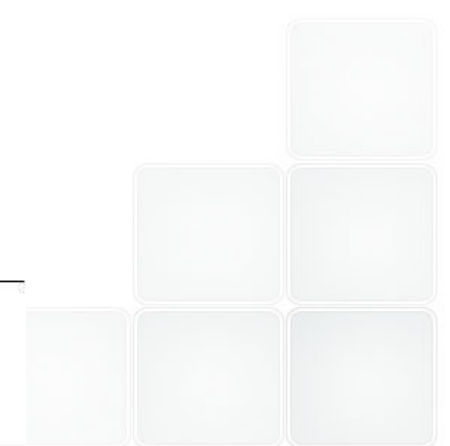
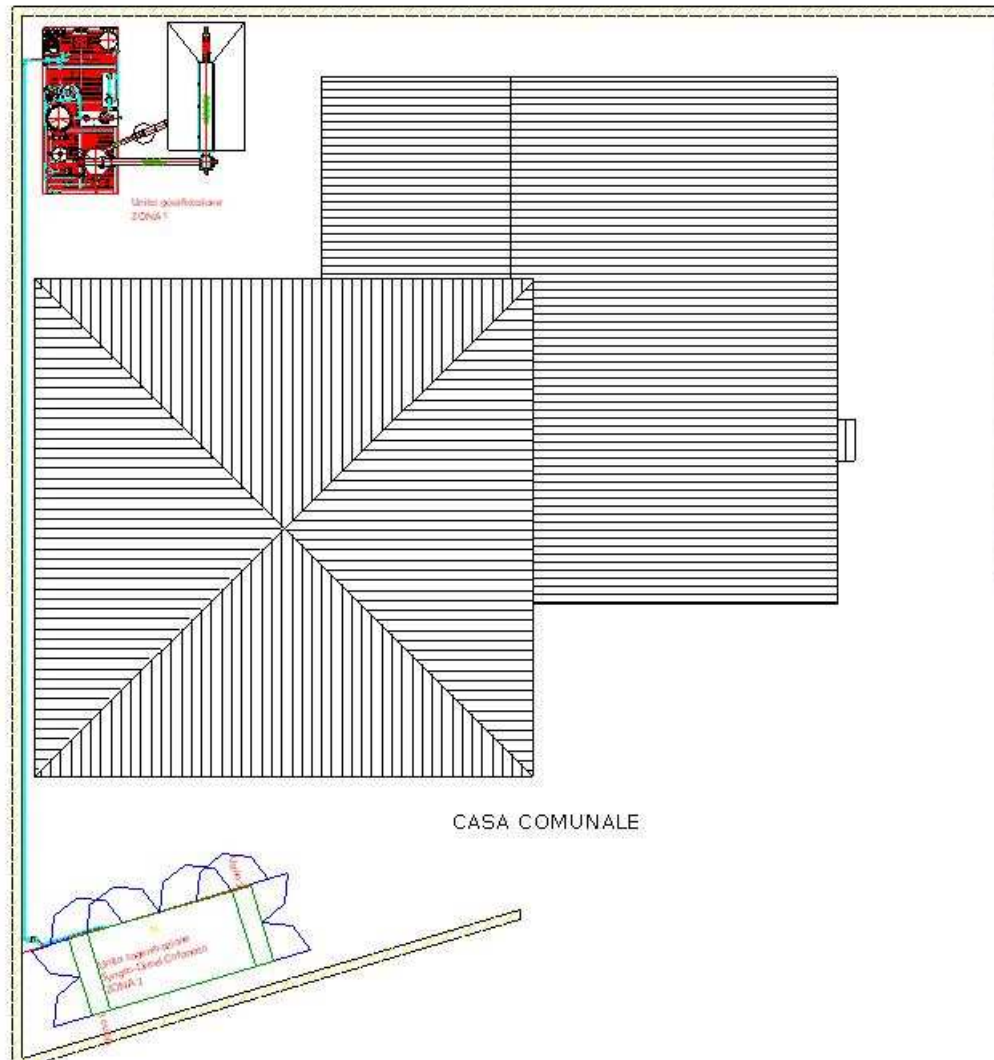
Materiali in ingresso impianto

La biomasse di riferimento "standard":	cippato di conifera
Pezzatura del cippato: (ÖNORM 7133)	G50
Umidità max ammessa:	15%
Densità di mucchio:	201 kg/mc



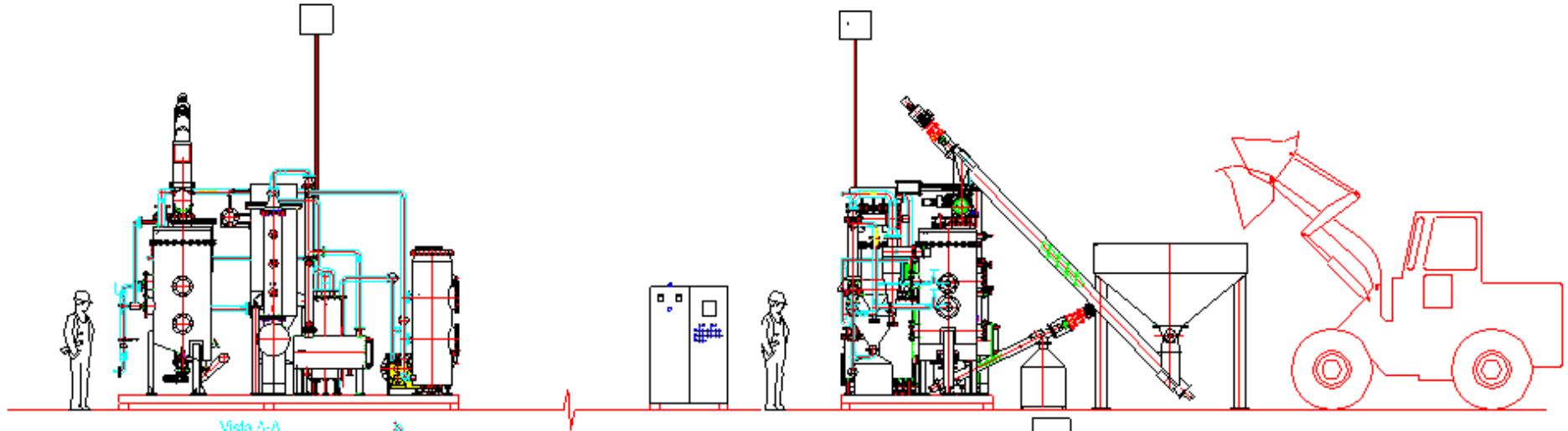
Esempi realizzativi:

Progetto cogenerazione a biomassa solida Comune di CANNA (CS)

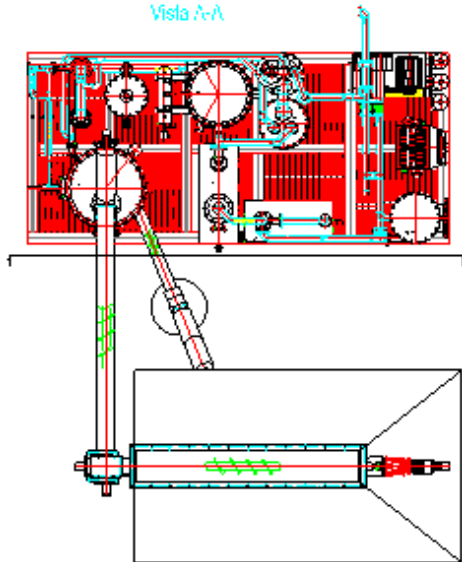


Esempi realizzativi:

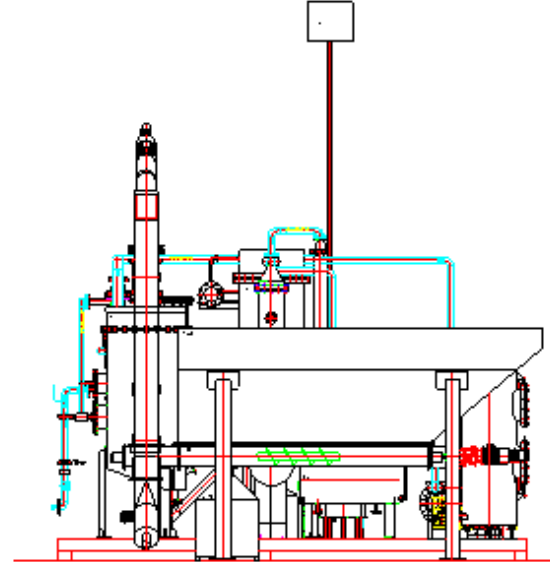
Progetto cogenerazione a biomassa solida Comune di CANNA (CS)



Visita A-A



Planimetria generale



Progetto cogenerazione a biomassa solida Comune di CANNA (CS)

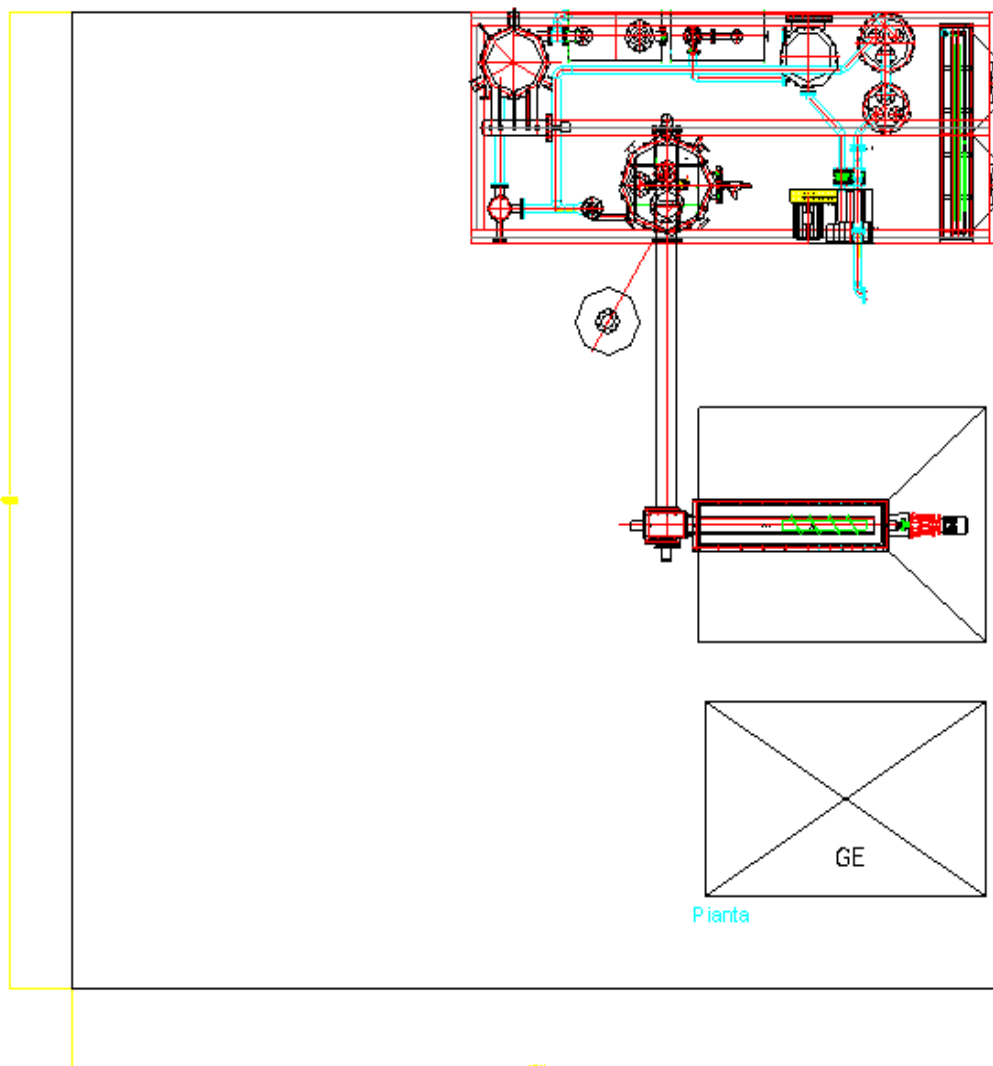


Progetto cogenerazione a biomassa solida Comune di CANNA (CS)



Esempi realizzativi:

Progetto generazione a biomassa solida Comune di Accettura (MT)





Società Energie Rinnovabili Italiana Srl



Unioncamere
Veneto



Progetto generazione a biomassa solida Comune di Accettura (MT)



Progetto generazione a biomassa solida Comune di Accettura (MT)



Conclusioni

La gassificazione delle biomasse è matura dal punto di vista tecnologico.

Aspetti chiave

- I. Identificazione chiara delle biomasse utilizzabili come combustibile.
- II. Potenza elettrica
- III. Assetto cogenerativo e potenza termica
- IV. Efficienza energetica
- V. Efficacia sezione di pulizia del gas.
- VI. Tecnologie testate per il generatore.
- VII. Manutenzioni
- VIII. Disponibilità
- IX. Sicurezza

GRAZIE per l'ATTENZIONE

