



## Le migliori tecniche disponibili per il recupero energetico dei rifiuti urbani

**Stefano Contini – Responsabile del servizio di progettazione  
e innovazioni tecnologiche di AISA Impianti S.p.A.**

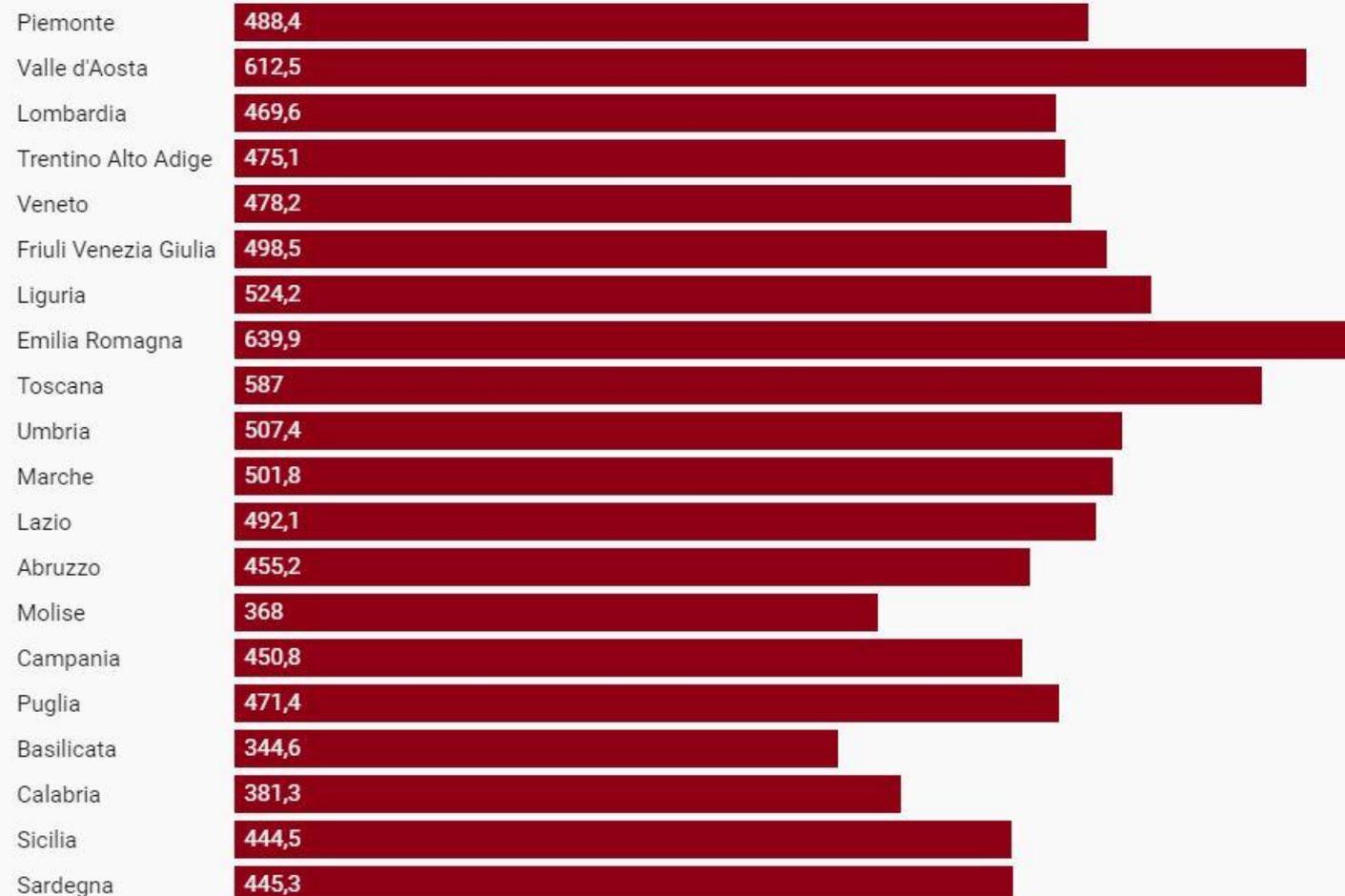


**Arezzo, 30 Maggio 2023**

## La produzione di rifiuti urbani in Italia

*Ogni cittadino italiano produce 488 chilogrammi di rifiuti all'anno*

kg/abitante



## Centrale di recupero totale di rifiuti di San Zeno

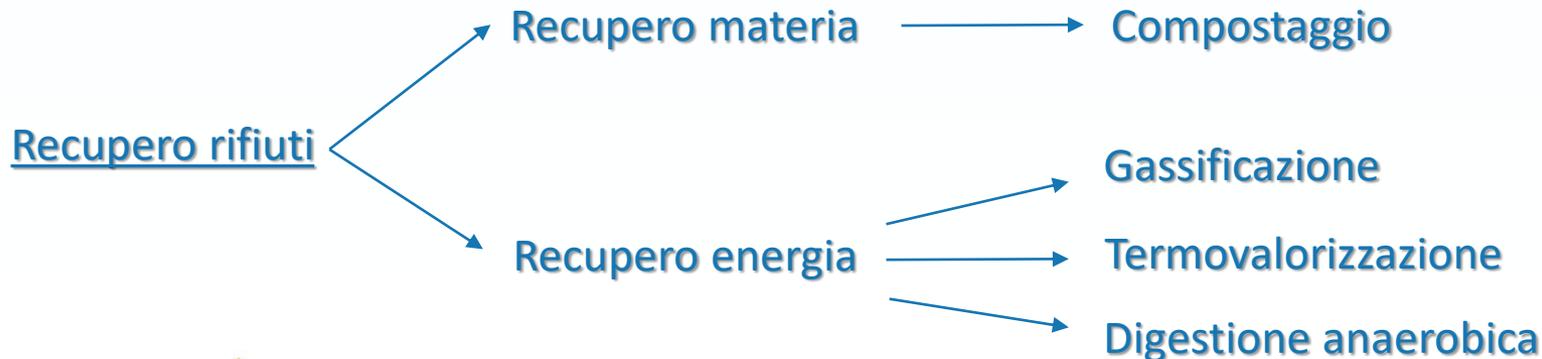
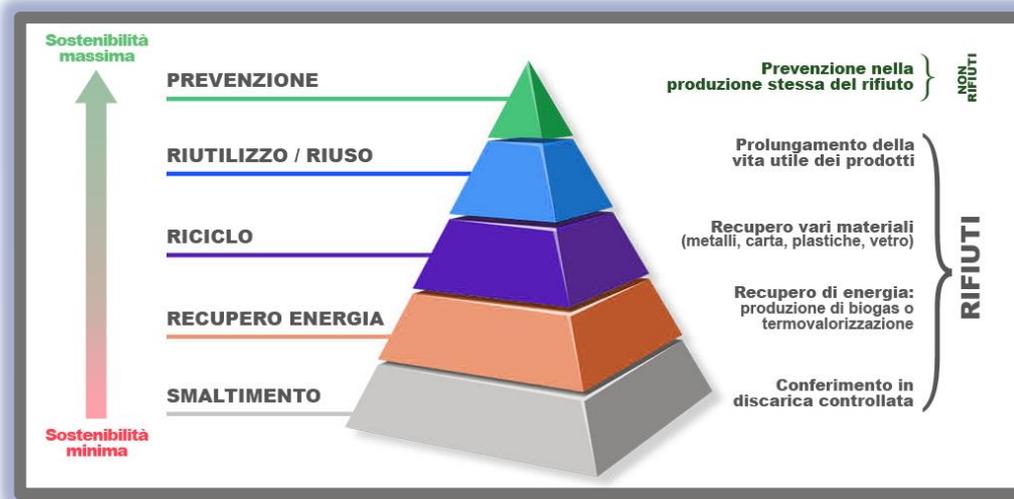


*L'Impianto di recupero totale di rifiuti di San Zeno ha iniziato la sua attività, in modo continuativo, nel gennaio 2000 e, ad oggi, è possibile evidenziare in esso le seguenti linee:*

- 1) Linea di selezione meccanica e trattamento biologico;*
- 2) Linea di produzione di cippato di legno vergine;*
- 3) Linea di digestione anaerobica con produzione di biometano e recupero della CO2 (in corso di realizzazione);*
- 4) Linea di compostaggio e di trasformazione delle potature in ammendante per l'agricoltura biologica;*
- 5) Linea di recupero energetico degli scarti delle altre linee e trattamento gas di combustione;*
- 6) Linea di teleriscaldamento per il recupero dei cascami termici.*



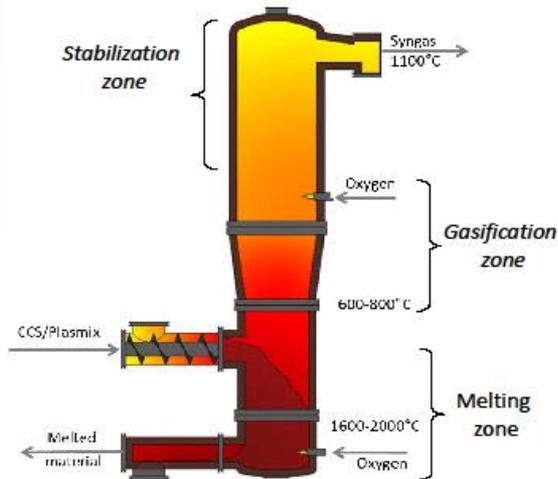
## Il recupero dei rifiuti urbani



## 1. La gassificazione - Descrizione

La gassificazione è un processo chimico, che avviene ad alta temperatura, alternativo alla termovalorizzazione tradizionale, che permette di ottenere, a partire da differenti tipologie di materiali organici, ricchi di carbonio (quali ad esempio la biomassa), un gas molto pulito - il syngas - che può essere utilizzato come combustibile alternativo o essere impiegato per produrre metanolo o idrogeno.

Il processo di degradazione termica avviene a temperature elevate (superiori a 700-800 °C), in presenza di una percentuale sotto-stechiometrica di un agente ossidante, tipicamente aria (ossigeno) o vapore, il che lo differenzia dai processi biologici quali la digestione anaerobica che produce biogas a temperature di poco superiori a quella ambiente. La miscela gassosa risultante costituisce quello che viene definito gas di sintesi (CO, H<sub>2</sub> con quantità variabili di CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) e rappresenta essa stessa un combustibile.



I gassificatori sfruttano la dissociazione molecolare, definita **pirolisi**, usata per convertire direttamente i materiali organici in gas mediante riscaldamento in presenza di ridotte quantità di ossigeno

## 1. La gassificazione: Vantaggi e Svantaggi

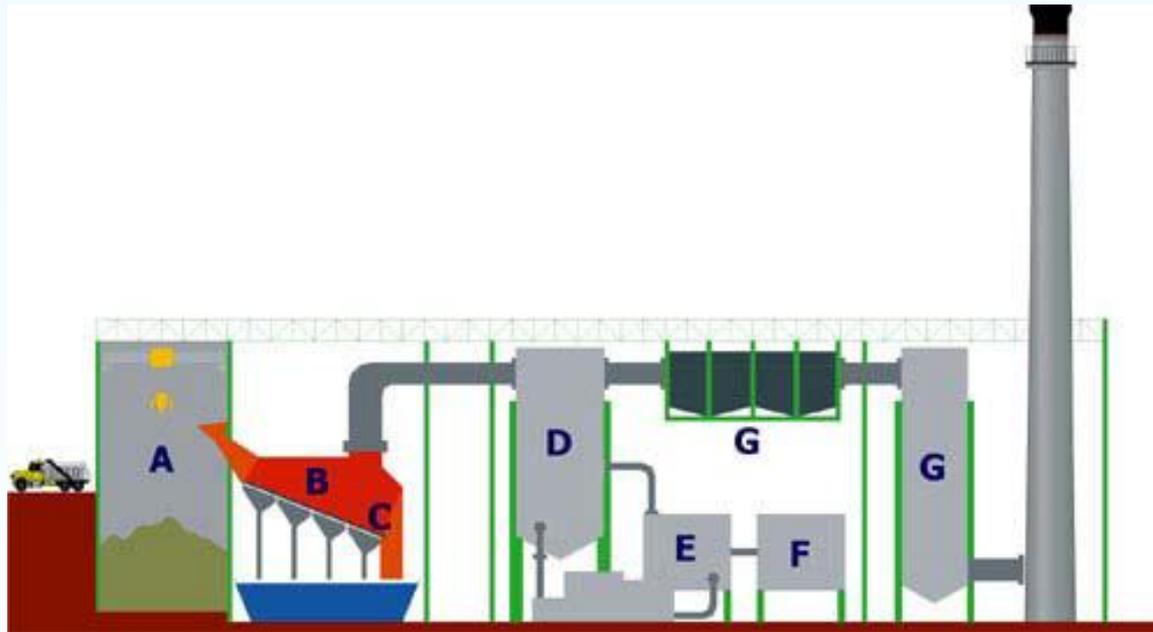
### Vantaggi

- Permette di convertire un materiale ricco di carbonio, quale ad esempio carbone, petrolio o biomassa, in monossido di carbonio, idrogeno e altre sostanze gassose;
- Il syngas può essere bruciato direttamente in motori a combustione interna, o utilizzato per produrre metanolo o idrogeno, o convertito tramite il processo Fischer-Tropsch in combustibile sintetico;
- Vetrificazione delle scorie.

### Svantaggi

- Notevole complessità impiantistica;
- Processo non applicabile a miscele costituite completamente da rifiuti (es. applicazione in Polonia con quantitativo di rifiuto pari al 3%);
- Necessità che il materiale sottoposto a gassificazione sia pellettizzato;
- Necessità di disporre di grandi quantitativi di energia elettrica, metano, etc.

## 2. Il recupero energetico – Ciclo di funzionamento



**A)** Fossa di accumulo: tenuta leggermente in depressione per evitare la fuoriuscita di cattivi odori.

**B)** Forno a griglia mobile.

**C)** Scarico ceneri: i residui del processo di combustione vengono estratti dal forno ed inviati in impianto di smaltimento autorizzato.

**D)** Caldaia: i fumi prodotti hanno temperature elevate e cedono la loro energia termica all'acqua demineralizzata contenuta nei fasci tubieri della caldaia a recupero, producendo vapore in pressione. Il vapore ottenuto può essere utilizzato per la produzione di energia elettrica e/o termica o nelle due forme combinate (cogenerazione).

**E)** Turbina a vapore: il vapore prodotto viene fatto espandere in una turbina che, ruotando, mette in funzione l'alternatore.

**F)** Alternatore: l'alternatore azionato dalla turbina a vapore produce energia elettrica.

**G)** Sistema di trattamento fumi: i gas di combustione, prima di essere immessi nell'atmosfera, vengono sottoposti a una serie di processi depurativi (es. iniezione urea in CPC, reattore a latte di calce, iniezione carboni attivi in un Venturi, filtro a maniche).

## 2. Il recupero energetico - Descrizione

La termovalorizzazione rappresenta una tecnica per lo smaltimento dei rifiuti che consiste nella ossidazione completa della parte combustibile dei rifiuti. Il calore prodotto da questa combustione può essere recuperato per produrre energia elettrica ed energia termica. Tale processo viene realizzato in impianti ad alta efficienza detti “Centrali di recupero energetico».

### Vantaggi

- Riduzione in massa ed in volume dei rifiuti termovalorizzati;
- Recupero energetico con produzione di energia e/o calore;
- Combustione di qualsiasi pezzatura di scarti e rifiuti (con forno a griglia);
- Tecnologia sicura ed affidabile.

### Svantaggi

- Necessità di disporre di un impianto a tecnologia complessa con opportune ridondanze;
- Linea di trattamento dei gas di combustione tecnologicamente avanzata;
- Smaltimento di scorie e polveri leggere.

## Centrale di recupero totale di rifiuti di San Zeno

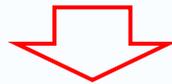
### Linea di recupero energetico L45 e trattamento gas di combustione

La linea di recupero energetico, sussidiaria alle altre linee, processa attualmente circa 45.000 t/anno di scarti producendo circa 14,5 t/h di vapore surriscaldato a 40 bar e 380 °C, il cui contenuto energetico è sfruttato in una turbina a vapore che è collegata ad un alternatore che garantisce il fabbisogno energetico a circa 20.000 abitanti.

**Dal 2017 l’Impianto di San Zeno beneficia della qualifica R1 (recupero di energia) data la sua elevata efficienza.**

I gas di combustione sono trattati in modo quadrivalente: iniezione di urea in camera di post-combustione, trattamento con latte di calce, iniezione di carboni attivi e filtrazione nel filtro a maniche.

- Copre tutti gli autoconsumi elettrici dell’Impianto di San Zeno (tutte le macchine della linea sono a basso consumo, sono sotto inverter, la produzione avviene in MT e la distribuzione in BT);
- Il surplus di energia elettrica prodotta viene ceduto alla rete assicurando il fabbisogno energetico a circa 20.000 abitanti.



### RECUPERO DI ENERGIA E CALORE IN MANIERA EFFICIENTE E PULITA:

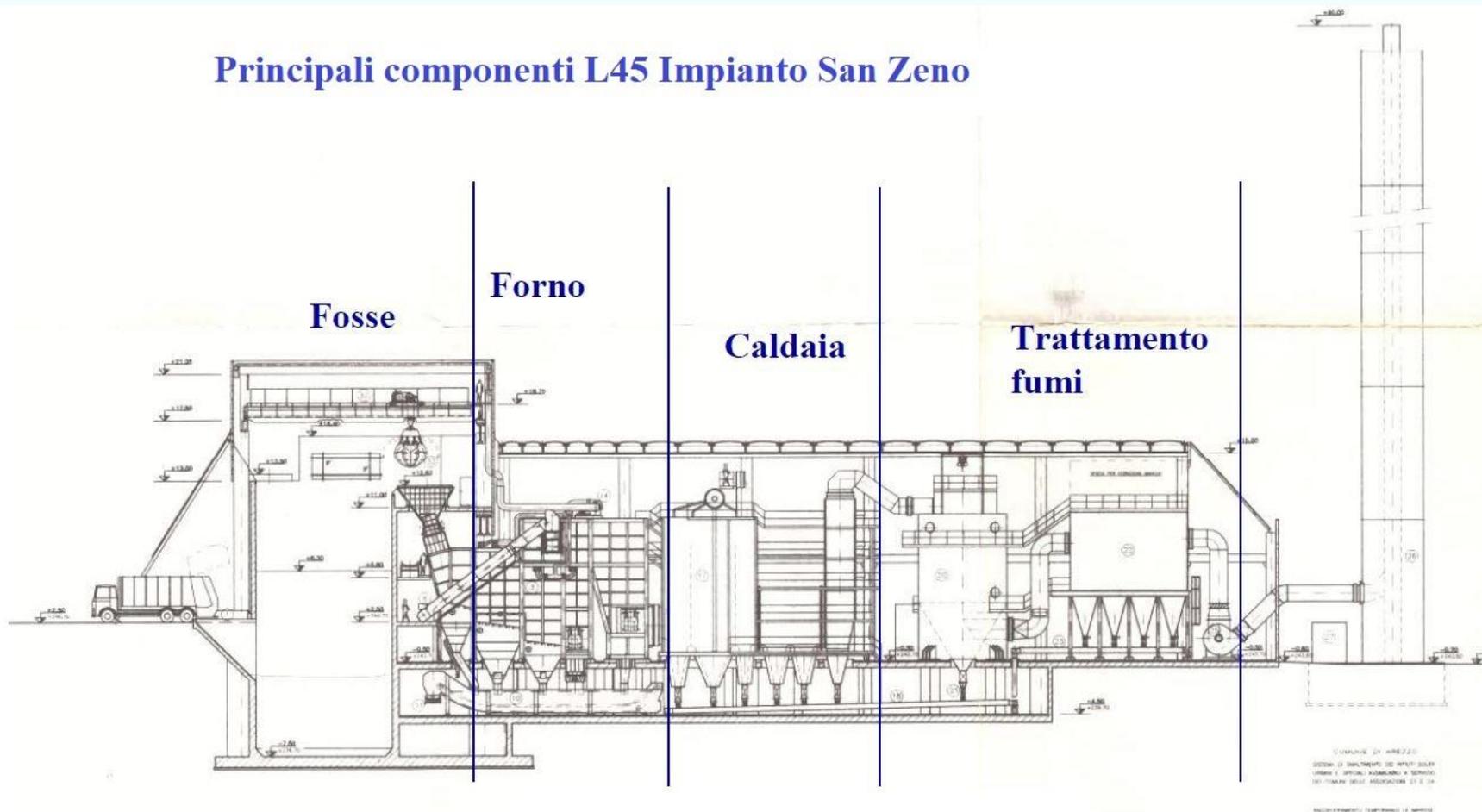
- Controllo in continuo delle emissioni al camino con SME (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, HF, NH<sub>3</sub>, COT, Polveri);
- Ridondanza dei sistemi di abbattimento dei gas di combustione (sistemi di trattamento precedentemente citati + SCR con celle-catalizzatori agli ossidi metallici);
- Presenza di sistema di aspirazione delle arie esauste e di biofiltro a servizio dell’edificio fosse, la cui aria viene mantenuta costantemente in depressione.

### Linea di teleriscaldamento

La linea di teleriscaldamento, alimentata da uno spillamento di vapore saturo, sfrutta i cascami termici della linea di recupero energetico per produrre acqua calda che può essere utilizzata per riscaldare le serre o per essere utilizzata internamente all’Impianto.

## 2. Il recupero energetico - Descrizione

Principali componenti L45 Impianto San Zeno



## Presidi ambientali presenti – Emissioni in aria linea recupero energetico

### Emissioni al camino

#### Sistema di trattamento gas di combustione della linea di recupero energetico

Presso l'Impianto di San Zeno sono presenti sistemi multipli di abbattimento degli inquinanti in grado di garantire sempre massimi livelli di protezione dell'ambiente anche in presenza di avarie, malfunzionamenti e manutenzione; è prevista infatti la ridondanza di trattamenti:

- per **NOx**: SNCR + Ricircolo dei fumi + SCR
- Per **polveri PM10**: Post combustore + Filtri a maniche catalitici.
- Per **CO, PCDD, PCDF, IPA e PCB**: Post Combustore + Carboni attivi + Filtri a maniche catalitici + SCR.
- Per **sostanze acide (HCl, HF, SO2)**: Reattore basico.

#### Post combustore:

2 Iniettori urea + 2 di riserva

Ricircolo Fumi

Permanenza fumi  $T > 850$  °C per almeno 2s

**CO, COT, PCDD, PCDF, IPA e PCB (1° trattamento)**

#### Reattore basico:

1 atomizzatore in funzione e 2 di riserva

**Sostanze acide (HCl, HF, SO2)**

#### Condotta dell'aria a monte del filtro a maniche:

Iniezione carbone attivo, 2 linee

**Hg, PCDD, PCDF, IPA, PCB (2° trattamento)**

## Presidi ambientali presenti – Emissioni in aria linea recupero energetico

### Sistema di trattamento dei gas di combustione

#### Filtro a maniche con effetto catalitico:

- Capacità di distruggere PCDD/F e PCB;
- Nessun bisogno di apporti esterni.

Dimensioni maggiorate (Costituito da 4 celle di cui bastano 3 a garantire la perfetta filtrazione)

Effetto tradizionale: Separazione del particolato dalla corrente gassosa (garantito 1 mg/Nm<sup>3</sup>)

Con l'introduzione dei filtri a maniche catalitici si incrementa la RIDONDANZA per l'abbattimento delle diossine e dei furani.

**Polveri, PCDD, PCDF, PCB (3° trattamento)**

#### SCR (Selective Catalytic Reduction):

Moduli agli ossidi metallici per l'abbattimento ulteriore degli **ossidi di azoto e dell'ammoniaca**;

#### Ulteriori ridondanze:

Elettroventilatore di emergenza + motoventilatore di emergenza.

### Monitoraggio

La linea di termovalorizzazione dell'Impianto di San Zeno, infatti, è dotata di un Sistema di Monitoraggio in continuo ed in tempo reale (ritardo 60 s) delle Emissioni (SME), in ridondanza, che permette di verificare le concentrazioni dei seguenti inquinanti contenuti nei gas di combustione:

CO; NO<sub>x</sub>; SO<sub>2</sub>; HCl; HF; NH<sub>3</sub>; COT; Polveri.

## Presidi ambientali presenti – Emissioni in aria linea di recupero energetico

### Rispetto dei limiti emissioni al camino

Tabella 1, valori limite di emissione medi giornalieri

Inquinante	Valore limite medio giornaliero (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>
NH <sub>3</sub>	15
CO	50 <sup>(1)</sup>
Polveri totali	5
TOC	10
HCl	8
SO <sub>2</sub>	40
NO <sub>x</sub>	150

(1): per la valutazione dei risultati delle misurazioni si applica All. 1 Titolo III bis Parte IV D.Lgs. 152/2006

Tabella 2, valori limite medi su 30 minuti

Inquinante	Valore limite medio su 30 minuti (100%)	Valore limite medio su 30 minuti (97%)	Valore limite medio su 10 minuti <sup>(1)</sup>
	A (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	B (mg/Nm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	
NH <sub>3</sub>	60	15	-
CO	100	-	150
Polveri totali	30	5	-
TOC	20	10	-
HCl	60	8	-
SO <sub>2</sub>	200	40	-
NO <sub>x</sub>	300	150	-

(1): per la valutazione dei risultati delle misurazioni si applica All. 1 Titolo III bis Parte IV D.Lgs. 152/2006

Tabella 3, valori limite medi su un periodo di campionamento minimo di 30 minuti massimo di 8 ore ex All. 1 Titolo III Parte IV D.Lgs. 152/2006

Inquinante	Valore limite (mg/Nm <sup>3</sup> )
HF	1 <sup>(2)</sup>
Cd+Tl	0,02
Hg	0,025
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Vi, Ni, V, Sn	0,30
PCDD/F	0,06 ng/Nm <sup>3</sup> <sup>(3)</sup>
PCDD/F + PCB diossina-simili	0,08 ng/Nm <sup>3</sup> <sup>(3)</sup>
IPA	0,01

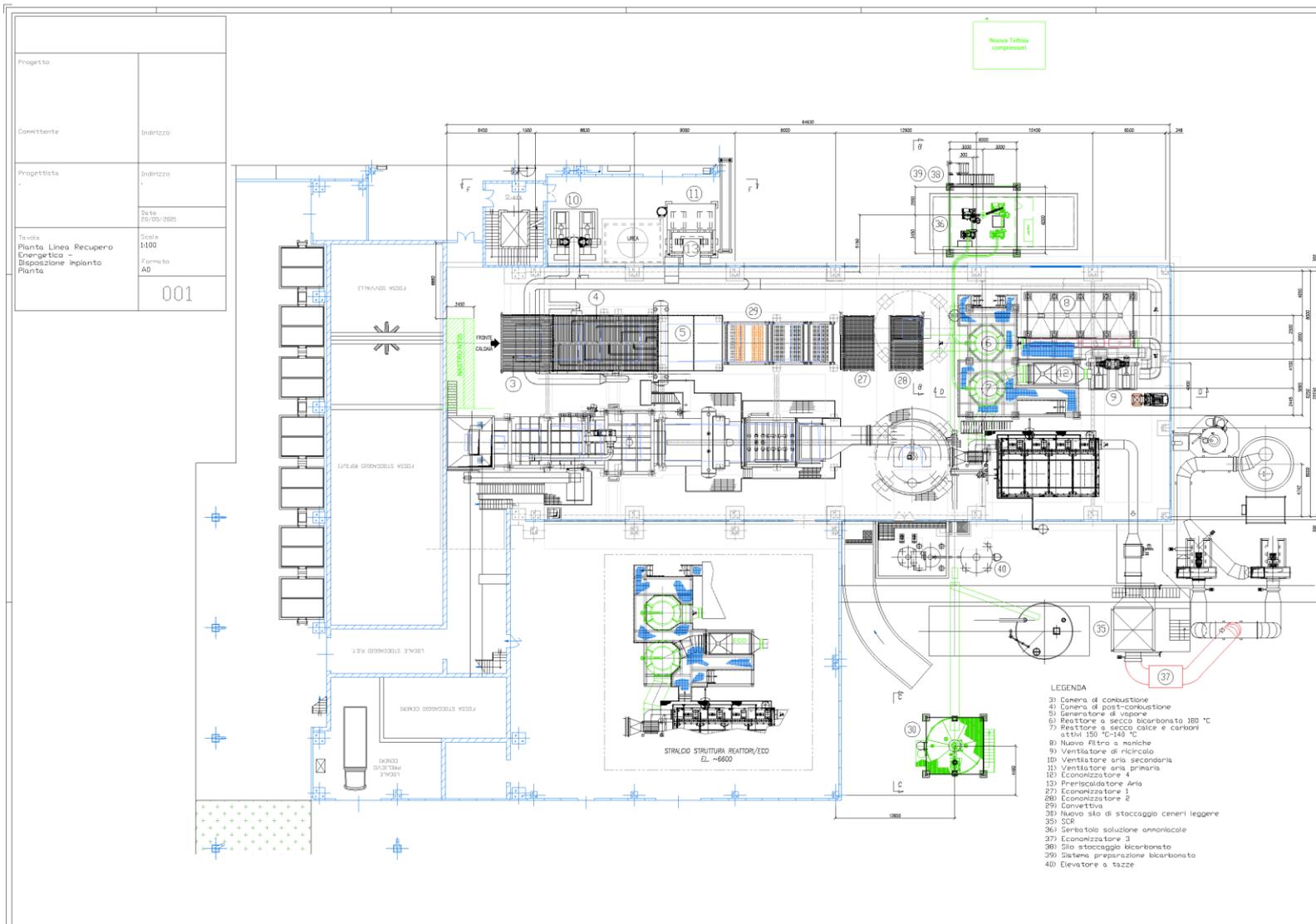
(1): per la valutazione dei risultati delle misurazioni si applica All. 1 Titolo III bis Parte IV D.Lgs. 152/2006

### MEDIA ANNO IMP. SAN ZENO

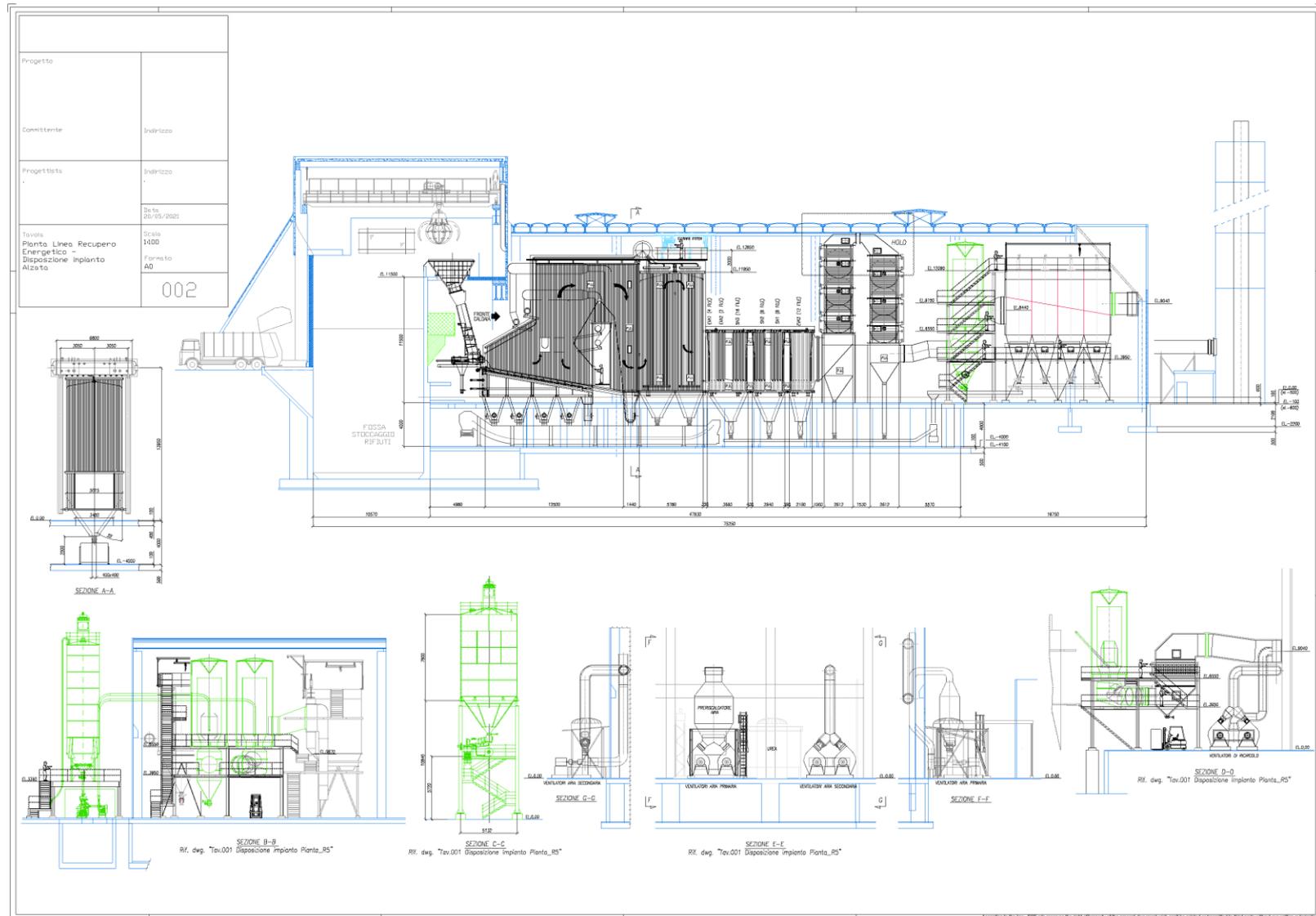
Ammoniaca:	1,00 mg/Nm <sup>3</sup>
Ossidi carbonio:	4,22 mg/Nm <sup>3</sup>
Polveri totali:	0,02 mg/Nm <sup>3</sup>
Carb. org. tot.:	0,81 mg/Nm <sup>3</sup>
Acido cloridrico:	2,18 mg/Nm <sup>3</sup>
Anidr. solforosa:	10,91 mg/Nm <sup>3</sup>
Ossidi di azoto:	144,4 mg/Nm <sup>3</sup>

**Polveri totali: 0,02 mg/Nm<sup>3</sup>**

## 2. Recupero energetico – Approfondimento 1

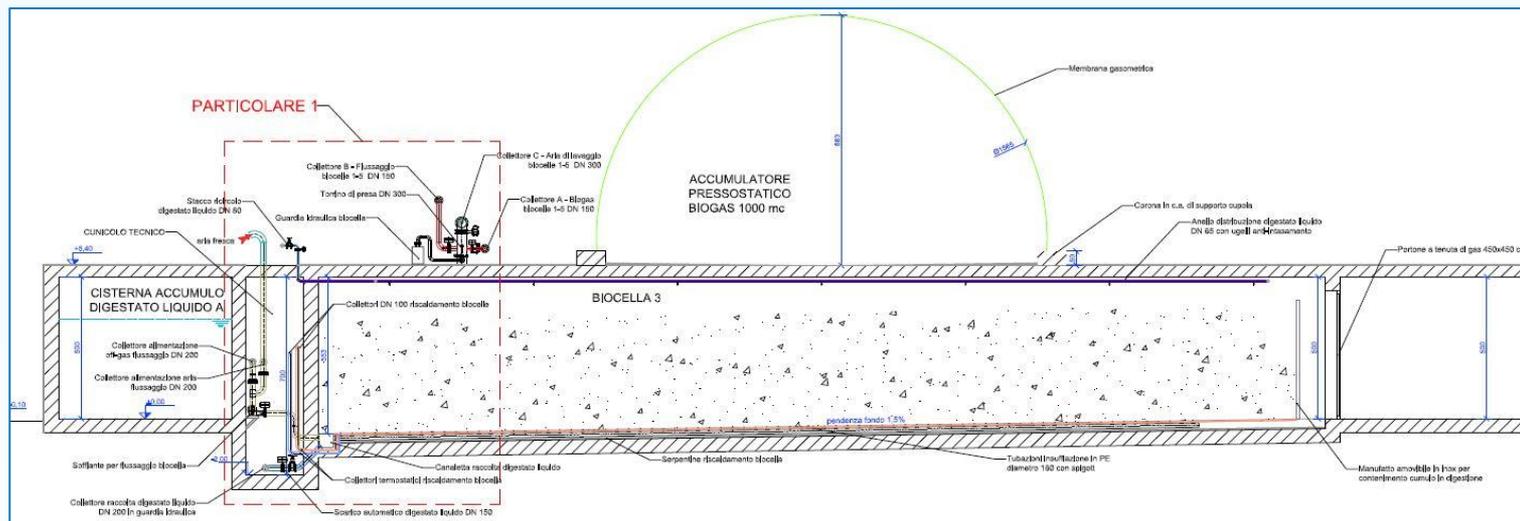


## 2. Recupero energetico – Approfondimento 2



According to the law, ECF SPA reserves the right of property of the present document which can't be printed or transferred to third party without our written authorization.

## 3. Linea Dig. anaerobica con produzione biometano - Descrizione



Per **digestione anaerobica** si intende la **degradazione della sostanza organica da parte di microrganismi in condizioni di anaerobiosi**. Prima della fase di compostaggio, la frazione organica da raccolta differenziata subisce il trattamento anaerobico (riscaldamento fino a 55 °C per 28 giorni in assenza di ossigeno). In questo modo si produce biogas composto per circa il 55% da metano e circa il 45% da anidride carbonica; i due gas, successivamente, possono essere separati tra loro (fase di upgrading o raffinazione). L’anidride carbonica viene portata ad un grado di purezza tale da poter essere utilizzata per scopi tecnici (produzione di freddo, produzione di acciai, etc.). Il metano, invece, separato dall’anidride carbonica e da altri gas, può essere immesso in forma gassosa nella rete di distribuzione locale o in forma liquida (es. carri bombolai) oppure può essere utilizzato come combustibile nell’autotrazione pesante.

## 3. Linea Dig. anaerobica con produzione biometano – Vantaggi e Svantaggi

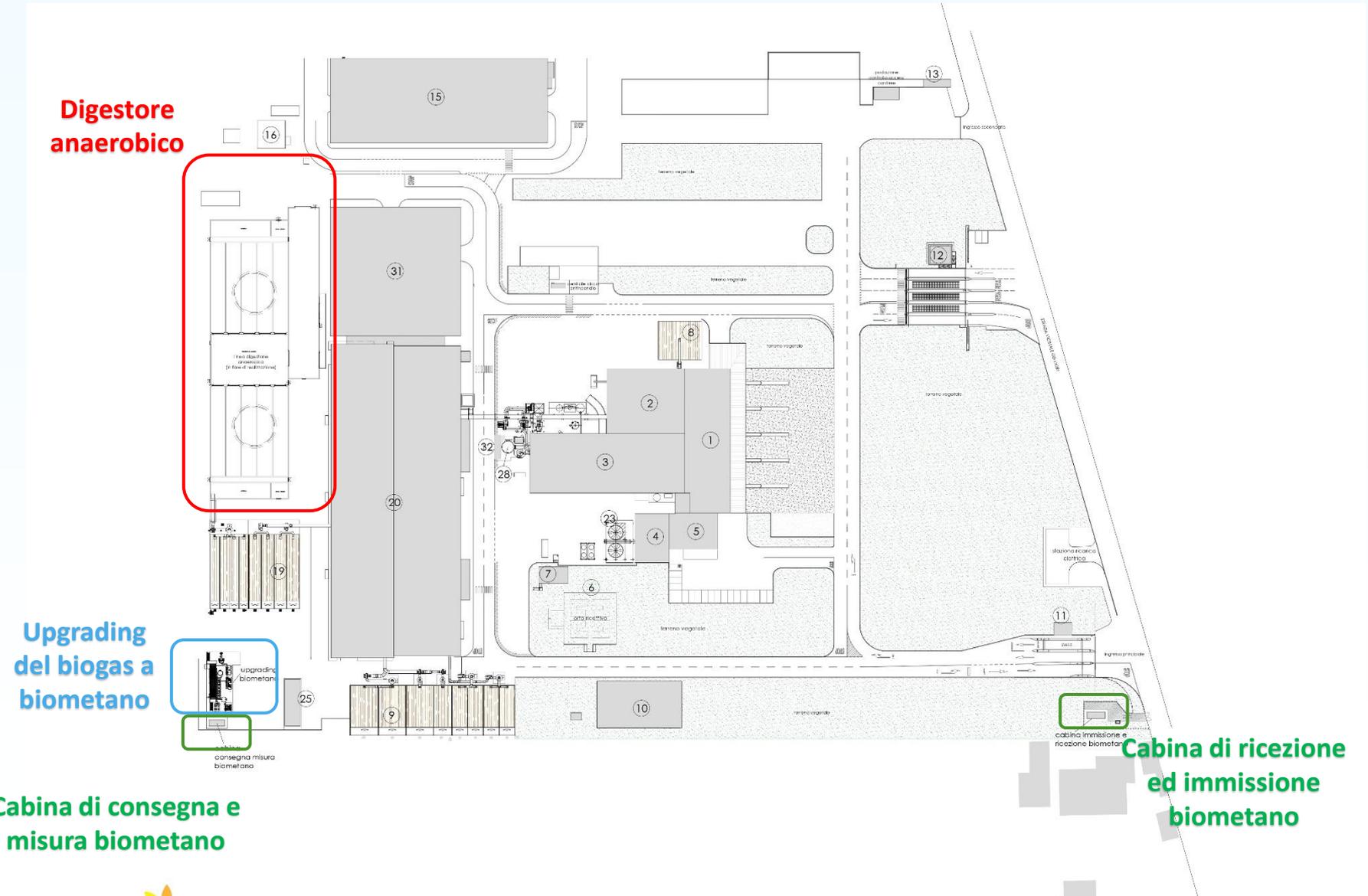
### Vantaggi

- È una BAT applicabile alle matrici organiche da R.D.;
- È un pretrattamento (processo lo stesso materiale destinato al Compostaggio);
- Produzione di metano e CO<sub>2</sub>;
- Rispetto al compostaggio:
  - È un impianto “a tenuta”, pertanto è impossibile la fuoriuscita di odori per tutta la durata del processo;
  - Comporta una riduzione dei consumi: nel processo integrale di compostaggio sono necessari circa 60 kWh/tonnellata di rifiuto trattato mentre qualunque sia la tecnologia di digestione anaerobica impiegata il consumo è inferiore a 10 kWh/tonnellata.

### Svantaggi

- Ha alti costi impiantistici;
- Il processo anaerobico è in generale biologicamente più delicato rispetto a quello aerobico.

## 3. Linea Dig. anaerobica con produzione biometano – Approfondimento 1

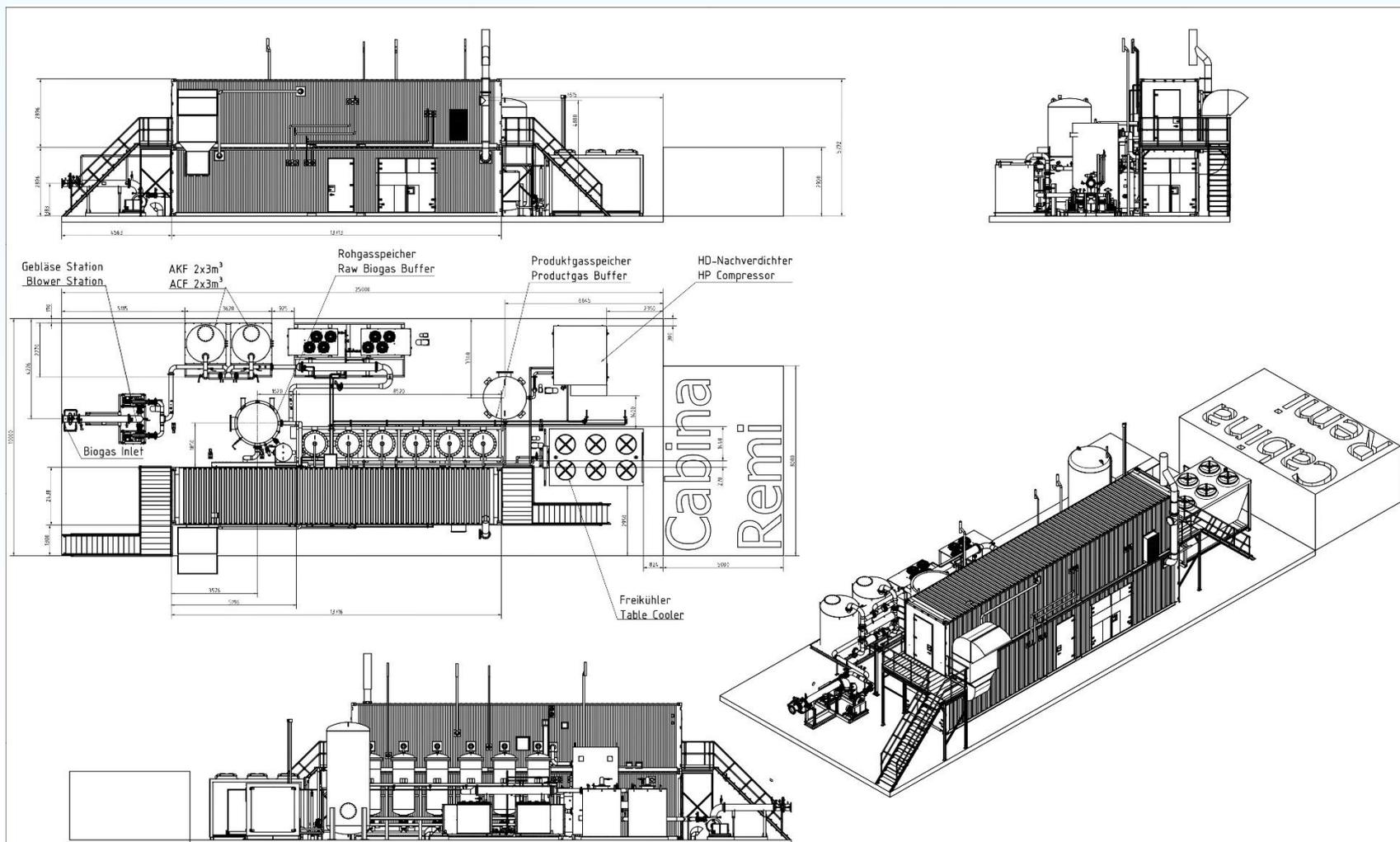


## 3. Linea Dig. anaerobica con produzione biometano – Approfondimento 2



Il digestore anaerobico sarà in grado di trattare circa 35.000 t/anno di matrici organiche da R.D., prima che il medesimo materiale venga inviato alla linea di compostaggio. Saranno ricavati circa 2.500.000 di Sm<sup>3</sup>/anno di biometano e, nel processo di purificazione del biogas, verrà separata la CO<sub>2</sub> da utilizzare per scopi tecnici. Il biometano prodotto sarà immesso nella rete e, per avere un'idea, garantirà il pieno a circa 100.000 autovetture.

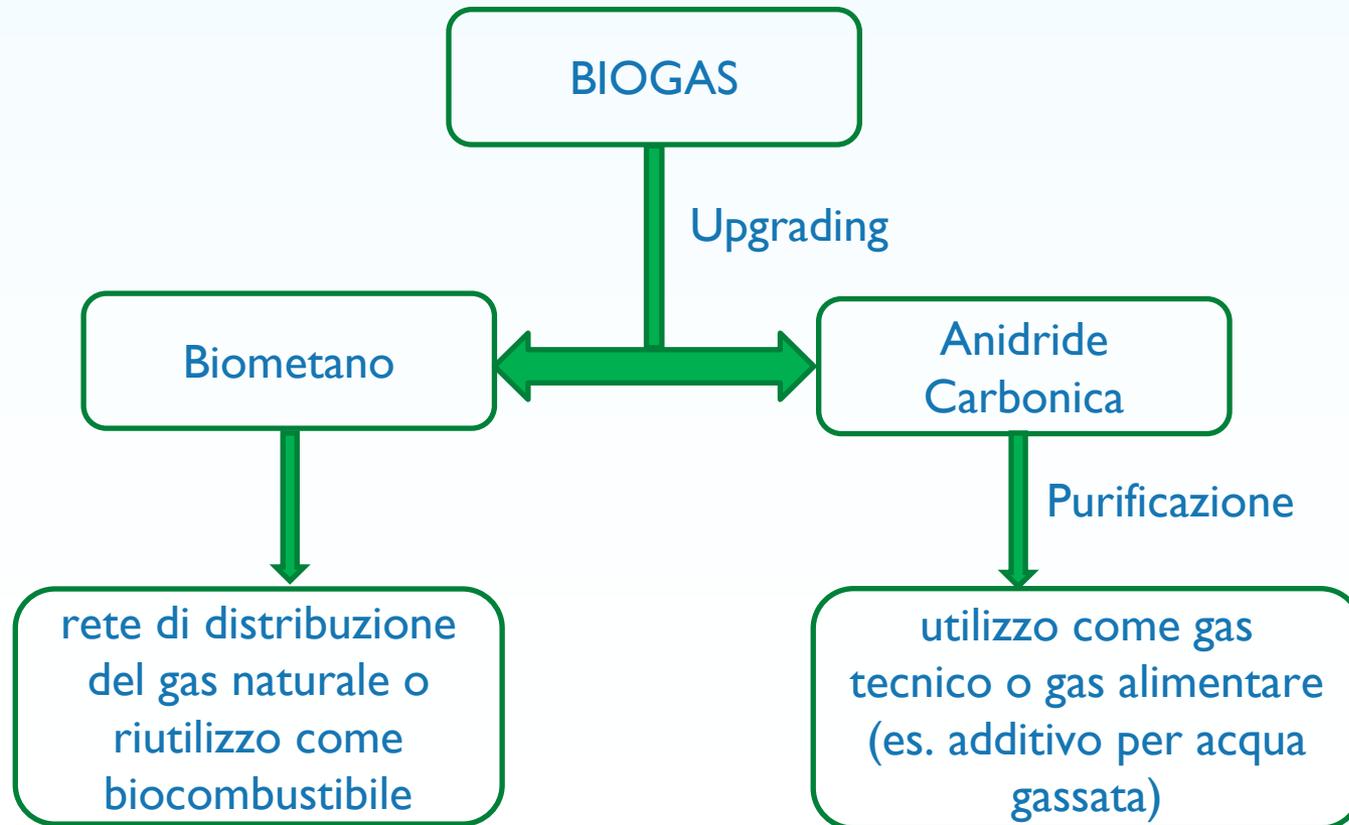
## 3. Linea Dig. anaerobica con produzione biometano – Approfondimento 3



## 3. Linea Dig. anaerobica con produzione biometano – Approfondimento 3

Dalla fermentazione anaerobica delle biomasse possiamo ottenere, quindi:

- Biogas: utilizzabile in motori marini per produrre elettricità e/o calore oppure previa purificazione, può trasformarsi in CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>);
- Digestato: utilizzabile come fertilizzante.

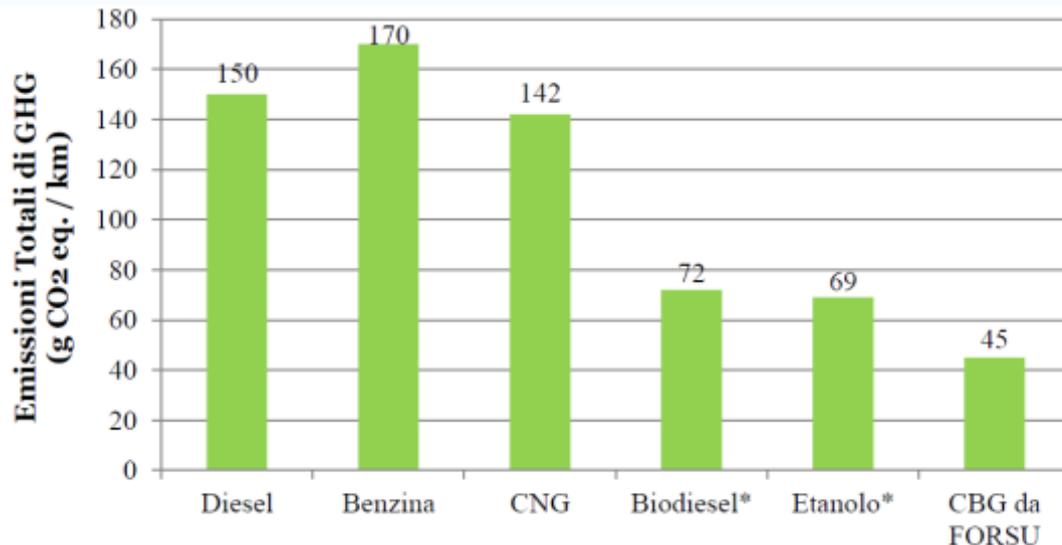


## 3. Linea dig. anaerobica con produzione biometano – Approfondimento 4

*Il biogas* è una miscela di vari tipi di gas ed è costituito

- principalmente da metano (CH<sub>4</sub>) al 55% ÷ 65%;
- anidride carbonica (44% ÷ 34%)
- tracce di altri gas (ossido di carbonio, azoto, idrogeno, idrogeno solforato) (1%).

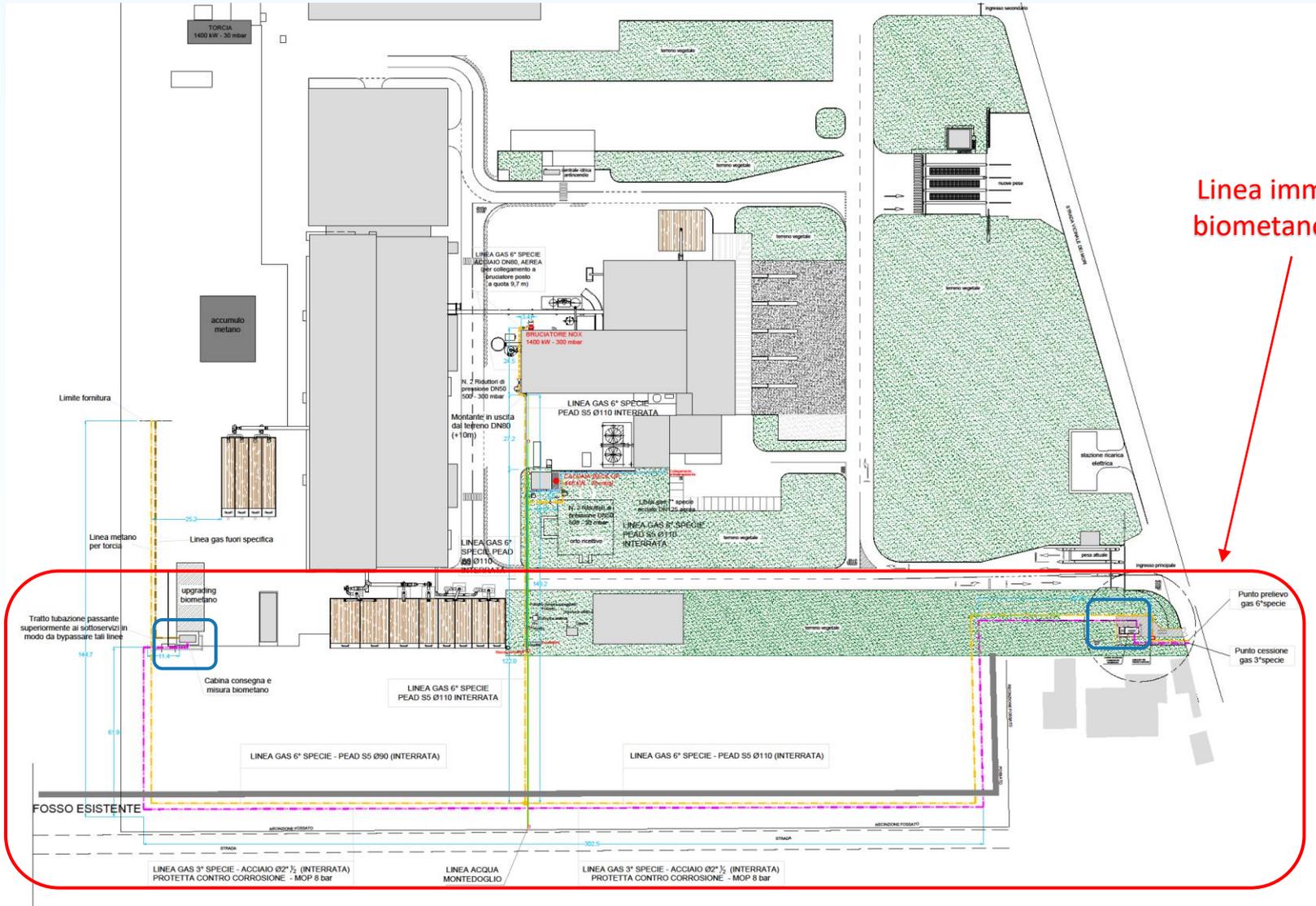
Dal punto di vista ambientale il biometano da FORSU consente una diminuzione delle emissioni di gas effetto serra (GHG - Greenhouse gases). Favorisce la diminuzione della GWP (indice LCA).



*Emissioni di GHG per km. CNG: gas naturale; CBG: biometano.*

*\* Valori medi su diversi tipi di biomasse*

## 3. Linea Dig. anaerobica con produzione biometano – Approfondimento 5



Linea immissione biometano in rete

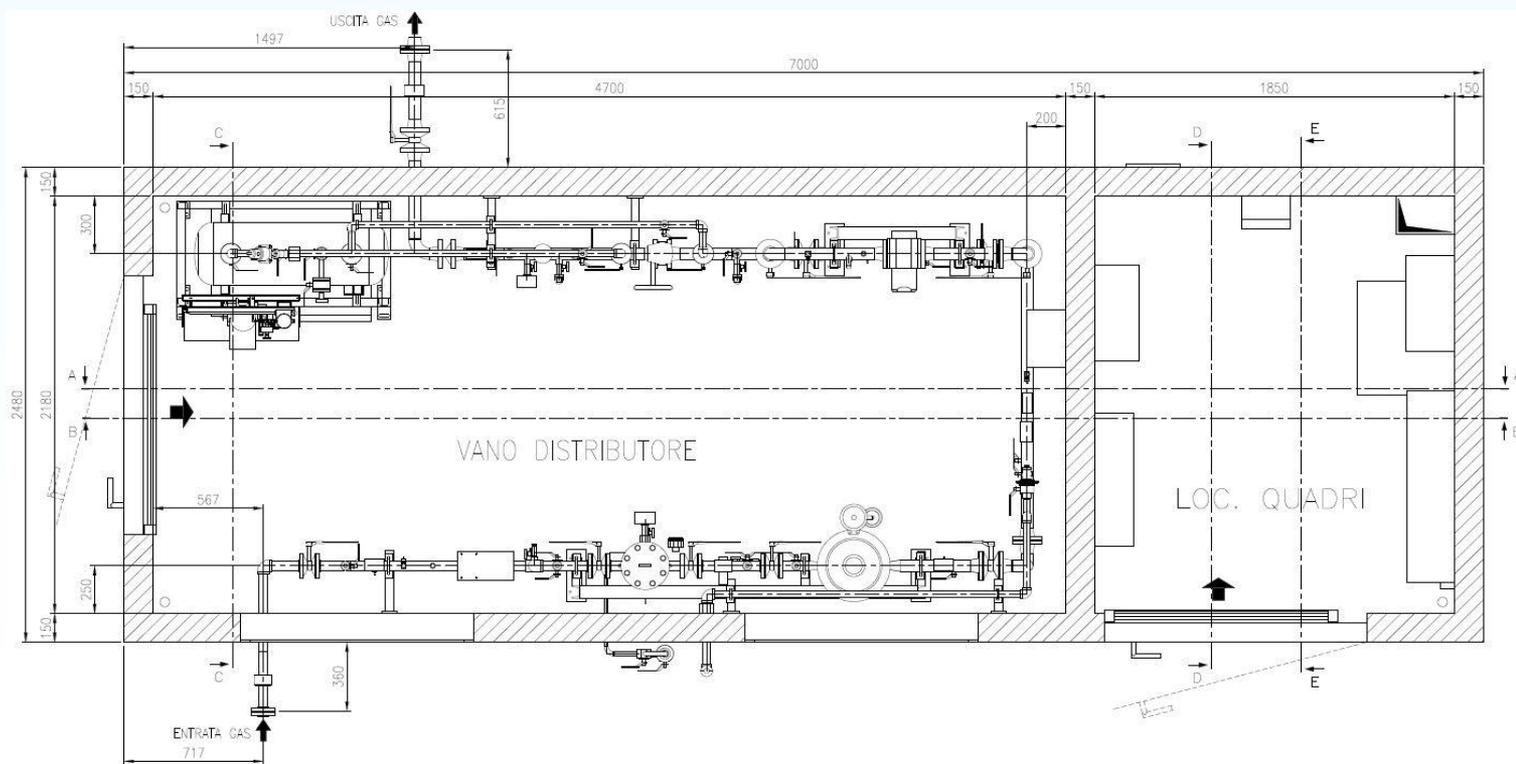


Punto prelievo gas 6° specie  
Punto cessione gas 3° specie



## 3. Linea Dig. anaerobica con produzione biometano – Approfondimento 5

### Cabina di ricezione ed immissione del biometano



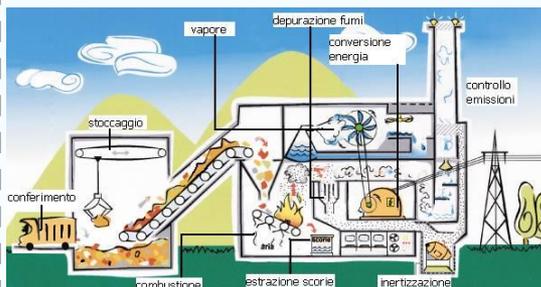
# AISA IMPIANTI – IL SISTEMA ZERO SPRECO

## Inceneritore



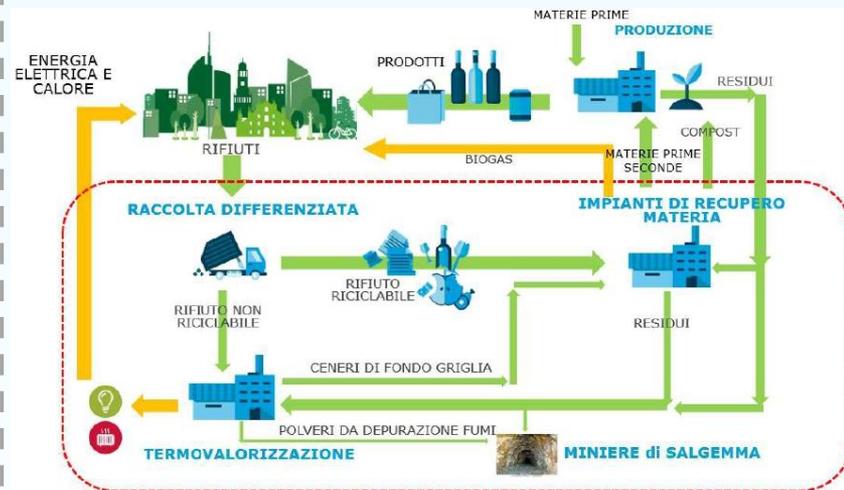
≠

## Centrale in R1



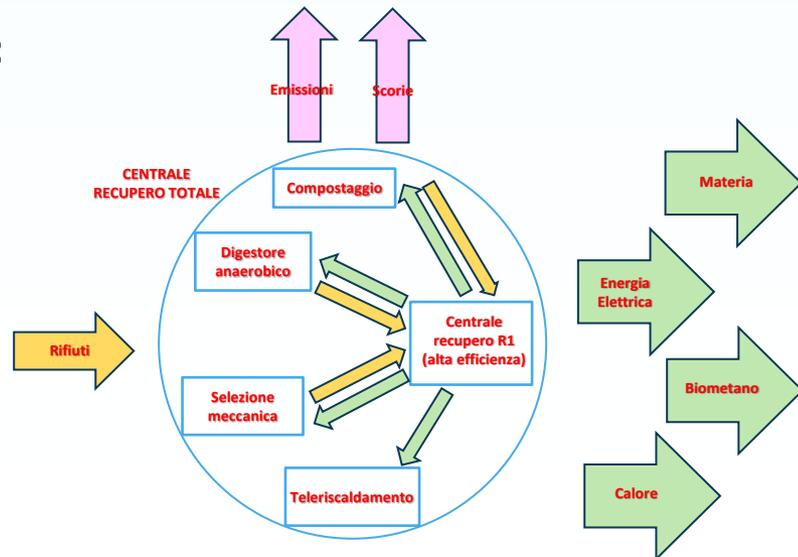
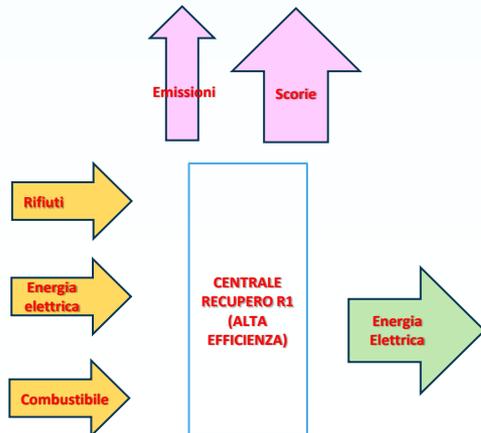
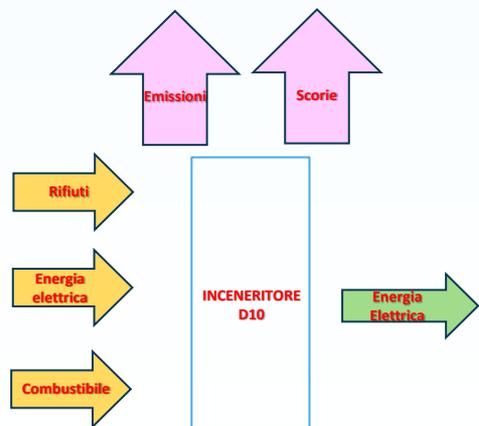
≠

## Centrale recupero totale di rifiuti



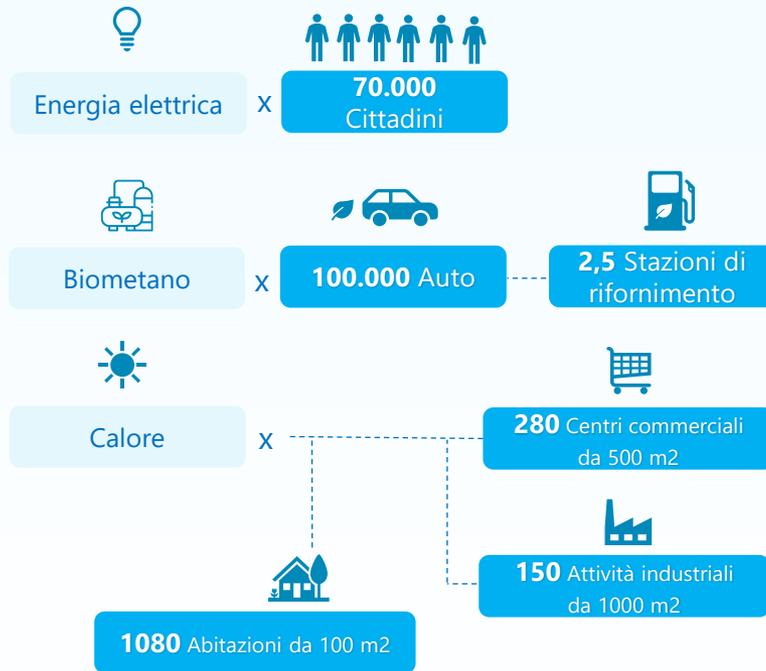
≠

≠

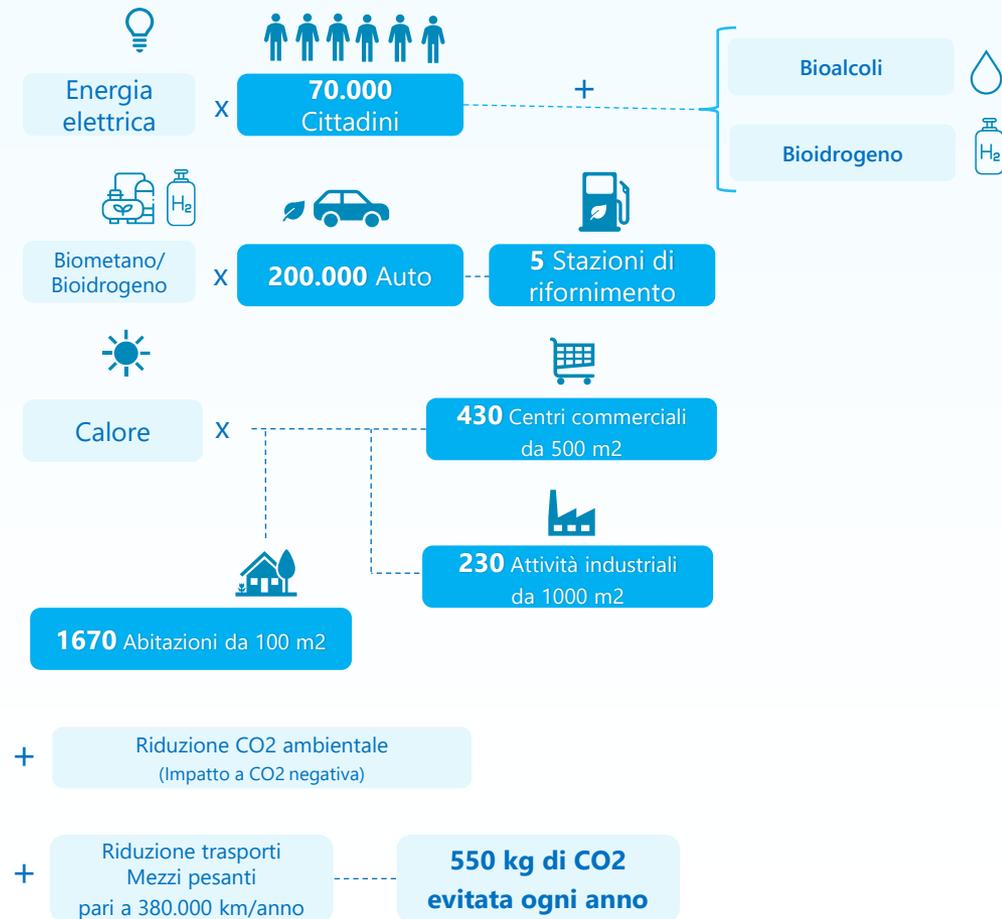


## Obiettivo strategico del progetto Zero Spreco – HUB energetico S. Zeno

### OGGI



### DOMANI





*“Ho visto cose bellissime, grazie alla diversa prospettiva suggerita dalla mia perenne insoddisfazione, e quel che mi consola ancora, è che non smetto di osservare.”*

*Edgar Degas*

